



Aalborg Universitet

AALBORG UNIVERSITY  
DENMARK

## Målinger og Analyse af Indeklima og Energiforbrug i Komforthusene

*Stenagervænget 49*

Larsen, Tine Steen; Jensen, Rasmus Lund; Daniels, Ole

*Publication date:*  
2012

*Document Version*  
Også kaldet Forlagets PDF

[Link to publication from Aalborg University](#)

*Citation for published version (APA):*

Larsen, T. S., Jensen, R. L., & Daniels, O. (2012). *Målinger og Analyse af Indeklima og Energiforbrug i Komforthusene: Stenagervænget 49*. Department of Civil Engineering, Aalborg University. DCE Technical reports Nr. 134

### General rights

Copyright and moral rights for the publications made accessible in the public portal are retained by the authors and/or other copyright owners and it is a condition of accessing publications that users recognise and abide by the legal requirements associated with these rights.

- Users may download and print one copy of any publication from the public portal for the purpose of private study or research.
- You may not further distribute the material or use it for any profit-making activity or commercial gain
- You may freely distribute the URL identifying the publication in the public portal -

### Take down policy

If you believe that this document breaches copyright please contact us at [vbn@aub.aau.dk](mailto:vbn@aub.aau.dk) providing details, and we will remove access to the work immediately and investigate your claim.

# Målinger og analyse af indeklima og energiforbrug i komforthusene - Stenagervænget 49

Tine Steen Larsen  
Rasmus Lund Jensen  
Ole Daniels





Måleprogram For  
Aalborg Universitet  
Institut for Byggeri og Anlæg  
Sektion for Architectural Engineering

**DCE Technical Report No. 134**

# **Målinger og analyse af indeklima og energiforbrug i komforthusene**

**- Stenagervænget 49**

Tine Steen Larsen  
Rasmus Lund Jensen  
Ole Daniels

Januar 2012

© Aalborg Universitet



## Videnskabelige publikationer ved Institut for Byggeri og Anlæg

**Technical Reports** anvendes til endelig afrapportering af forskningsresultater og videnskabeligt arbejde udført ved Institut for Byggeri og Anlæg på Aalborg Universitet. Serien giver mulighed for at fremlægge teori, forsøgsbeskrivelser og resultater i fuldstændig og uforkortet form, hvilket ofte ikke tillades i videnskabelige tidsskrifter.

**Technical Memoranda** udarbejdes til præliminær udgivelse af videnskabeligt arbejde udført af ansatte ved Institut for Byggeri og Anlæg, hvor det skønnes passende. Dokumenter af denne type kan være ufuldstændige, midlertidige versioner eller dele af et større arbejde. Dette skal holdes in mente, når publikationer i serien refereres.

**Contract Reports** benyttes til afrapportering af rekvireret videnskabeligt arbejde. Denne type publikationer rummer fortroligt materiale, som kun vil være tilgængeligt for rekvirenten og Institut for Byggeri og Anlæg. Derfor vil Contract Reports sædvanligvis ikke blive udgivet offentligt.

**Lecture Notes** indeholder undervisningsmateriale udarbejdet af undervisere ansat ved Institut for Byggeri og Anlæg. Dette kan være kursusnoter, lærebøger, opgavekompendier, forsøgsmanualer eller vejledninger til computerprogrammer udviklet ved Institut for Byggeri og Anlæg.

**Theses** er monografier eller artikelsamlinger publiceret til afrapportering af videnskabeligt arbejde udført ved Institut for Byggeri og Anlæg som led i opnåelsen af en ph.d.- eller doktorgrad. Afhandlingerne er offentligt tilgængelige efter succesfuldt forsvar af den akademiske grad.

**Latest News** rummer nyheder om det videnskabelige arbejde udført ved Institut for Byggeri og Anlæg med henblik på at skabe dialog, information og kontakt om igangværende forskning. Dette inkluderer status af forskningsprojekter, udvikling i laboratorier, information om samarbejde og nyeste forskningsresultater.

Udgivet 2012 af  
Aalborg Universitet  
Institut for Byggeri og Anlæg  
Sohngårdsholmsvej 57,  
DK-9000 Aalborg, Danmark

Trykt i Aalborg på Aalborg Universitet

ISSN 1901-726X  
DCE Technical Report No. 134

## Forord

Denne rapport beskriver måleprogram og resultater for Komforthuset beliggende Stenagervænget 49, Skibet, 7100 Vejle. Måleprogrammet er gennemført af Aalborg Universitet i en tre-årig periode med opstart 1. oktober 2008. Rapporten giver en gennemgang af resultaterne fra ovenstående bolig. Generelle resultater fundet for alle huse i projektet findes i rapporten *"Komforthusene - Målinger og analyse af indeklima og energiforbrug i 8 passivhuse 2008-2011"*. Desuden henvises til rapporten "Vurdering af indeklimaet i hidtidigt lavenergibyggeri - med henblik på forbedringer i fremtidens lavenergibyggeri", som er udgivet fra Aalborg Universitet i januar 2011 (se referenceliste)

Aalborg Universitet, januar 2012  
*Tine Steen Larsen*  
Lektor



## Indholdsfortegnelse

1.	Forudsætninger for analyser af energiforbrug og indeklima .....	9
1.1	Beboerprofil for Stenagervænget 49 .....	9
2.	Krav til indeklima og energiforbrug .....	11
2.1	Termisk indeklima .....	11
2.2	Atmosfærisk indeklima .....	12
2.3	Dagslys .....	14
2.4	Akustisk indeklima .....	15
2.5	Vurderingskriterier oversigt .....	17
2.6	Energiforbrug .....	18
2.7	Overholdelse af passivhus-kriterierne .....	18
2.8	Overholdelse af passivhus-anbefalingerne .....	18
3.	Beskrivelse af huset .....	19
3.1	Husets varmekorsyning .....	21
3.2	PHPP nøgletal .....	22
3.3	Problemer i huset .....	23
4.	Beskrivelse af målinger .....	25
4.1	Løbende målinger .....	25
4.2	Spotmålinger (registreres under enkelt dags besøg i huset) .....	28
4.3	Yderligere målinger/beregninger .....	28
5.	Resultater for indeklima-analyser .....	29
5.1	Termisk indeklima .....	29
5.2	Opsamling: Termisk indeklima .....	36
5.3	Atmosfærisk indeklima – luftkvalitet .....	39
5.4	Opsamling: Atmosfærisk indeklima – luftkvalitet .....	48
5.5	Atmosfærisk indeklima - fugt .....	51
5.6	Opsamling: Atmosfærisk indeklima – fugt .....	59
5.7	Dagslysforhold .....	61
5.8	Akustisk indeklima .....	62
6.	Energiforbrug .....	65
6.1	Husets samlede energiforbrug til rumvarme og varmt brugsvand .....	65
6.2	Energiforbrug til rumopvarmning .....	65
6.3	Energiforbrug til el .....	66
6.4	Overholdelse af passivhus-kriterierne .....	66
6.5	Overholdelse af passivhus-anbefaling om maks 10% overtemperatur .....	68
7.	Installationer .....	69
8.	Kildeliste .....	71
9.	Bilag A – Oprindelig version af indeklimatevurdering .....	73
9.1	Termisk indeklima .....	73
9.2	Atmosfærisk indeklima .....	73
9.3	Dagslys .....	74
9.4	Akustisk indeklima .....	75
10.	Bilag B – Termisk indeklima .....	79
10.1	Generel situation hele året .....	79
10.2	Sommersituation .....	82
10.3	Vintersituation .....	84
10.4	Forårssituation .....	86
10.5	Efterårssituation .....	88
11.	Bilag C – Atmosfærisk indeklima (luftkvalitet) .....	91
11.1	Cirkeldiagrammer DS/EN 15251 .....	91
11.2	Cirkeldiagrammer CR1752 .....	99
12.	Bilag D – Atmosfærisk indeklima (fugt) .....	107
12.1	Cirkeldiagrammer DS/EN 15251 .....	107

12.2	Cirkeldiagrammer CR1752 .....	114
13.	Bilag E – Vejrdatasæt brugt i PHPP.....	121

## 1. Forudsætninger for analyser af energiforbrug og indeklima

Da Komforthusene ikke som forventet blev solgt da måleprogrammet startede, er der i flere af husene også målt i perioder, hvor husene har stået ubeboede. Da flere af vurderingerne i projektet kræver beboere, har det derfor været nødvendigt for nogle af analyserne, at konstruere et kunstigt år ud fra de måneder, hvor der er beboere i husene. I de tilfælde, hvor det "kunstige år" er brugt, er dette nævnt i analysen.

### 1.1 Beboerprofil for Stenagervænget 49

I den tid der er udført målinger i huset, har der boet en familie i det tidsrum som kan ses på Figur 1.1.

Måned	jan-09	feb-09	mar-09	apr-09	maj-09	jun-09	jul-09	aug-09	sep-09	okt-09	nov-09	dec-09	jan-10	feb-10	mar-10	apr-10	maj-10	jun-10	jul-10	aug-10	sep-10	okt-10	nov-10	dec-10	jan-11	feb-11	mar-11	apr-11	maj-11	jun-11	jul-11	aug-11	sep-11
Beboet																																	

Figur 1.1: Beboerprofil for Stenagervænget 49 i tidsrummet, hvor måleprojektet har forløbet.

Familien består af to voksne og to børn (teenagere), som boede i huset ca 1½ år inden måleprogrammets afslutning.



## 2. Krav til indeklima og energiforbrug

Vurdering af målingerne foretages for det termiske og atmosfæriske indeklima ved brug af retningslinjerne opstillet i DS/EN 15251 (*Input-parametre til indeklimaet ved design og bestemmelse af bygningers energimæssige ydeevne vedrørende indendørs luftkvalitet, termisk miljø, belysning og akustik*). I projektets oprindelige analyser fra 2008 blev der taget udgangspunkt i "DS/EN/CR 1752, *Ventilation i bygninger – Projekteringskriterier for indeklimaet*", men da de fleste i dag bruger DS/EN 15251, følger analyserne i denne rapport hovedsageligt sidstnævnte standard, men der er indsamlet inspiration til vurderingerne fra flere forskellige kilder til, hvordan måleresultater kan vurderes, hvilket fremgår af de følgende afsnit. Det oprindelige udkast til vurdering af indeklima er vedlagt som bilag A.

Der er i konkurrenceprogrammet for Komforthusene ikke stillet konkrete krav om opfyldelse af et specifikt niveau, men da husene markedsføres som Komforthuse, bør kategori II som minimum være opfyldt. Denne kategori svarer til et normalt forventningsniveau og bør bruges i alle nye byggerier og renoveringer [DS/EN 15251, 2007]. Måleresultaterne fra målingerne af temperatur, relativ fugtighed og CO<sub>2</sub>-niveau vil derfor blive holdt op mod en opfyldelse af dette. Kravene til den termiske og atmosfæriske komfort ud fra DS/EN 15251 er gennemgået i afsnit 2.1 og 2.2. Krav til dagslysfaktoren i centrale rum i huset gennemgås i afsnit 2.3 og tager udgangspunkt i BR08. Krav til det akustiske indeklima tager udgangspunkt i DS490, *Lydklassifikation af boliger* og gennemgås i afsnit 2.4.

Ved vurdering af energiforbruget i de enkelte bygninger vil dette både blive vurderet ift forskellige typer af forbrug og ift en opfyldelse af passivhus-kriterierne og passivhus-anbefalingerne. Dette er yderligere beskrevet i afsnit 2.6-2.8.

### 2.1 Termisk indeklima

For at kunne opstille et krav til det termiske indeklima, skal et aktivitetsniveau i huset antages. Her er der brugt 1,2 met, hvilket svarer til stillesiddende aktivitet. Der opstilles i Tabel 2.1 temperaturintervaller for både kategori I, II og III, som måledata vil blive holdt op imod.

Aktivitetsniveau [met]			1,2		
Kategori			I	II	III
Operativ temperatur	[°C]	Sommer	24,5 ± 1,0	24,5 ± 1,5	24,5 ± 2,5
		Vinter	22,0 ± 1,0	22,0 ± 2,0	22,0 ± 3,0

Tabel 2.1. Krav til temperatur for hhv. kategori I, II og III. [DS/EN 15251, 2007]

Da projektet startede i 2008, var der i bygningsreglementet ingen specifikke krav til det termiske indeklima, men der stod under stk. 6.2.1, stk. 1 at:

*"Bygninger skal opføres, så der under den tilsigtede brug af bygningerne i de rum, hvor personer opholder sig i længere tid, kan opretholdes sundhedsmæssigt tilfredsstillende temperaturer under hensyn til den menneskelige aktivitet i rummene."* [Br08]

I bygningsreglementet 2010 er der for lavenergiklasse 2015 og bygningsklasse 2020 defineret krav om, at det termiske indeklima skal



dokumenteres i kritiske rum. Her må temperaturen maksimalt overstige 26 °C i 100 timer og 27 °C i 25 timer pr. år.

### **2.1.1 Kriterier for overholdelse af kategori**

I DS/EN 15251 er en metode, til vurdering af hvornår en komfortklasse er overholdt, præsenteret. I *Annex G – Anbefalede kriterier for acceptable afvigelser*, er det anbefalet at benytte 3 eller 5 % som maksimal afvigelse, hvilket på månedsbasis vil svare til 22 og 36 timer og på årsbasis til 259 og 432 timer. Det vælges i projektet at benytte dette kriterium som vurderingsparameter for om kategori II er overholdt. [DS/EN 15251, 2007].

På månedsbasis vurderes desuden ud fra afvigelser på 12 og 25 %, som anbefales i udkastet til "*Definition of the indoor environmental quality- Used for Net Zero Energy Buildings (NetZEB)*" udarbejdet i Strategisk forskningscenter for Energineutralt byggeri.

### **Vurdering af Passivhus-anbefaling for overtemperatur**

Passivhusinstituttet anbefaler, at der maks. 10% af tiden forekommer temperaturer over 25°C. Denne anbefaling vil blive kontrolleret for hver måned samt på årsbasis.

### **Vurdering af overtemperatur ift danske BR-10 krav til lavenergibyggeri**

I forbindelse med overtemperatur evalueres der i forhold til de maksimalt 100 timer over 26 °C og 25 timer over 27 °C i kritiske rum. Denne undersøgelse passer med de termisk opstillede krav efter kategori II, hvor komforttemperaturen går fra 23 til 26 °C med sommerbeklædning.

### **Vurdering af problemer med utilstrækkelig opvarmning**

For at vurdere, om der er problemer med utilstrækkelig opvarmning, er der til dette projekt opstillet følgende krav med inspiration fra overtemperaturkravene fra BR10 til lavenergiklasse 2015 og bygningsklasse 2020. De 100 og 25 timer benyttes ligeså, men ved temperaturer under henholdsvis 20 °C og 19 °C. Disse krav passer i forhold til vinterbeklædning i kategori II.

## **2.2 Atmosfærisk indeklima**

Som indikator for luftkvaliteten i huset vurderes både CO<sub>2</sub>-niveauet i huset samt den relative luftfugtighed. Dog er bidrag fra fx menneskelige bioeffluenter samt afgang af materialer også noget der spiller ind på vores vurdering af luftkvaliteten i et rum. Dette er dog ikke målbart på samme måde, som ovenstående parametre, men vurderes i stedet bl.a. via vores lugtesans. Fælles for alle påvirkningerne af det atmosfæriske indeklima er, at antallet af utilfredse reduceres, når ventilationsmængden forøges, men en forøget ventilationsmængde resulterer samtidig i et forøget energiforbrug, så det er her vigtigt at finde en balance. I bygningsreglementet er der ikke stillet nogle direkte krav til atmosfærisk komfort, men der stilles dog krav til en minimums ventilationsmængde i boliger [BR10, 2011].

Kriterier for både CO<sub>2</sub> og relativ luftfugtighed vurderes i projektet i forhold til kategori II fra DS/EN 15251. Desuden vurderes om setpunktsværdierne har været overskredet i mere end ét sammenhængende døgn. Har dette været tilfældet opfyldes kravene for atmosfærisk komfort ikke. Undersøgelsen af

om forskellige niveauer har været overskredet bliver lavet på månedsbasis, hvorimod kravet til kategori II både undersøges på måneds- og årsbasis.

### 2.2.1 CO<sub>2</sub>

Der findes i dag ikke danske anbefalinger for CO<sub>2</sub> niveau i boliger, og resultaterne fra dette projekt vil derfor udelukkende blive evalueret i forhold til et givent niveau over ude-koncentrationen for DS/EN 15251, hvor kategori II skal overholdes.

#### Vurdering af CO<sub>2</sub> iht DS/EN 15251

Der er i DS/EN 15251 beskrevet fire klasser, hvor klasse II er sat til 500 ppm over udekonzentrationen. [DS/EN 15251, 2007]. Dette vurderingskriterium medtages i undersøgelsen. Alle fire klasser kan ses i tabellen herunder.

Kategori	CO <sub>2</sub> værdi over udekonzentration
I	350
II	500
III	800
IV	>800

Tabel 2.2: Anbefalede CO<sub>2</sub> værdier fra DS/EN 15251.

#### Overskridelse af grænseværdier

Ved vurdering af CO<sub>2</sub>-niveauet i boligen vurderes desuden antallet af perioder, hvor CO<sub>2</sub>-niveauet i 8 sammenhængende timer overskrider kategori II. De 8 timer er valgt, da det indenfor en relativt kort periode bør være muligt at opnå et lavt niveau igen efter længere tids belastning (fx om morgenen når soveværelset forlades).

### 2.2.2 Relativ luftfugtighed (RF)

På samme måde som for evaluering af CO<sub>2</sub>-niveauet benyttes DS/EN 15251 til vurdering af den relative luftfugtighed, hvor kategori II skal overholdes.

#### Vurdering af relativ luftfugtighed iht DS/EN 15251

I DS/EN 15251 optræder også fire kategorier for fugt. Overholdelse af disse kategorier medtages i undersøgelsen. Kategorier er vist i tabellen herunder.

Kategori	Relativ luftfugtighedsværdier
I	30-50 %
II	25-60 %
III	20-70 %
IV	<20 og >70 %

Tabel 2.3: Anbefalede relativ luftfugtighedsværdier fra DS/EN 15251.

#### Kontrol af RF<45%

RF<45% vurderes, da det anbefales i [SBI196] at dette kan overholdes i minimum en måned om året, da støvmider dør, når den relative luftfugtighed kommer under 45%. Ved denne undersøgelse søges efter, om der i boligen har været en sammenhængende måned hvor RF<45%. Tilladelig afvigelse er 10 timer i løbet af perioden.

### Kontrol af RF>75%

RF>75% vurderes, da der her er risiko for problemer i konstruktionerne. Der tillades RF>75% i højst 1% af tiden. [SBI224]

### Overskridelse af grænseværdier

Ved vurdering af RF vurderes desuden antallet af perioder, hvor RF i 24 sammenhængende timer overskrider kategori II.

### 2.2.3 Ventilation

I analysen af atmosfærisk komfort vil ventilationsmængden blive sammenholdt med både CO<sub>2</sub> og relativ luftfugtighed, for at bestemme om der i boligen er en sammenhæng imellem de forskellige trin ventilationsanlægget kører på og eventuelle afvigelser på vurderingskriterierne for CO<sub>2</sub> og relativ luftfugtighed. Ved at analysere grafer med disse værdier vurderes det om ventilationsmængden er tilstrækkelig samt hvorvidt det er muligt at nedjustere luftskiftet fra 0,5 h<sup>-1</sup>, som er gældende i dag (=0,35 l/s pr m<sup>2</sup> opvarmet etageareal).

### 2.3 Dagslys

Ved vurdering af dagslysforhold i husene tages der udgangspunkt i kravene fra bygningsreglement 2008 [BR08]. Her står bl.a. i "afsnit 6.5.1. Generelt":

Bestemmelse	Vejledning
<b>STK. 1</b> Arbejdsrum, opholdsrum, beboelsesrum og fælles adgangsveje skal have tilfredsstillende lys, uden at det medfører unødvendig varmebelastning.	<b>(6.5.1, STK. 1)</b> Tilfredsstillende lys skal vurderes i sammenhæng med de aktiviteter og arbejdsopgaver, som planlægges i rummet.  Kravet om dagslys skal ses i sammenhæng med almene sundhedsmæssige aspekter af dagslyset. Mængden af dagslys har endvidere indflydelse på behovet for kunstig belysning.

Og slås der op under *dagslys* i afsnit 6.5.2 findes følgende bestemmelse og vejledning:

Bestemmelse	Vejledning
<b>STK. 1</b> Arbejdsrum, opholdsrum i institutioner, undervisningslokaler, spiserum samt beboelsesrum skal have en sådan tilgang af dagslys, at rummene er vel belyste. Vinduer skal udføres, placeres og eventuelt afskærmes, så solindfald gennem dem ikke medfører overophedning i rummene, og så gener ved direkte solstråling kan undgås.	<b>(6.5.2, STK. 1)</b> I arbejdsrum kan dagslyset i almindelighed anses for at være tilstrækkeligt, når rudearealet ved sidelys svarer til mindst 10 pct. af gulvarealet eller ved ovenlys mindst 7 pct. af gulvareal, forudsat at ruderne har en lystransmittans på mindst 0,75. De 10 pct. og 7 pct. er vejledende ved normal placering af bygningen samt normal udformning og indretning af lokalerne. Såfremt vinduestypen er ukendt på projekteringstidspunktet, kan omregning fra karmlysningsareal til rudeareal ske ved at multiplicere karmlysningsarealet med faktoren 0,7. Rudearealet skal forøges forholdsmæssigt ved reduceret lysgennemgang (fx solafskærmende ruder) eller formindsket lysadgang til vinduerne (fx ved tætliggende bygninger). Dagslyset kan ligeledes anses for at være tilstrækkeligt, når det ved beregning eller måling kan eftervises, at der er en dagslysfaktor på 2 pct. ved arbejdspladserne. Ved bestemmelse af dagslysfaktoren tages der hensyn til de faktiske forhold, herunder udformningen af vinduesudformning, rudens lystransmittans samt rummets og omgivelsernes karakter. Der henvises til By og Byg Anvisning 203: Beregning af dagslys i bygninger samt SBI-anvisning 219: Dagslys i rum og bygninger, 2007.

Ved vurdering af resultaterne fundet i dette projekt vil en **dagslysfaktor på 2%** også blive brugt som en minimumsgrænse for dagslysfaktoren, men hvis forholdene skal vurderes som gode dagslysforhold, bør dette kunne opnås **hele vejen ind gennem rummet** og altså ikke kun i områder, der kan betragtes som arbejdspladser. På denne måde vil dybden af rummet også kunne medtages i vurderingen, da dybe rum bør have større eller højere placerede vinduesarealer end smalle rum.

Metode til bestemmelse af dagslysfaktor er beskrevet i rapporten *"Komforthusene - Målinger og analyse af indeklime og energiforbrug i 8 passivhuse 2008-2011"*

## 2.4 Akustisk indeklime

Ved vurdering af målinger af støj fra ventilationsanlægget og efterklangstider i husene er der taget udgangspunkt i *DS490, Lydklassifikation af boliger*, da der i BR08 henvises til et funktionskrav heri, som er opfyldt ved opnåelse af klasse C.

Følgende uddrag fra BR08 er taget fra kapitel 6.4 *Akustisk indeklime* afsnit 6.4.2 *Boliger og lignende bygninger benyttet til overnatning*.

Bestemmelse	Vejledning
<b>STK. 1</b> Boliger og lignende bygninger benyttet til overnatning og deres installationer skal udformes, så de, som opholder sig i bygningerne, ikke generes af lyd fra rum i tilgrænsende bolig- og erhvervsenheder, fra bygningens installationer samt fra nærliggende veje og jernbaner.	<b>(6.4.2, STK. 1 - STK. 4)</b> Boliger omfatter i denne forbindelse også hoteller, kollegier, pensionater, kroer, klublejligheder, kostskoler, sygehjem, plejehjem, døgninstitutioner og lignende bygninger, der benyttes til overnatning.  Som fællesrum forstås fx fælles opholdsrum for flere boliger, trapperum eller gange.  Funktionskravet for boliger anses for opfyldt, når de udføres som klasse C i DS 490, Lydklassifikation af boliger.

I udbudsmaterialet brugt til Komforthusene blev følgende krav til akustikken i huset sat:

**Lydkrav**

Der skal tages hensyn til bygningens lydmæssige formåen i projektet, så huset fremstår som et komfortabelt hus at leve i efterfølgende. Her skal specielt tages hensyn til de interne lydproblematikker, såsom efterklangstid.

Ved alle konstruktionssamlings, installationer og gennemføringen skal husets lydmæssige formåen sikres.

Ses der på definitionerne af hhv klasse B og klasse C i DS 490 findes følgende formuleringer: [DS490]

**4.2**

**Lydklasse B**

Lydklasse med tydeligt bedre lydforhold end byggelovgivningens minimumkrav for boliger. Beboere bliver kun i begrænset omfang forstyrret af lyd eller støj.

**4.3**

**Lydklasse C**

Lydklasse svarende til intentionerne i byggelovgivningens minimumkrav. Op til mellem 15 % og 20 % af beboerne kan forventes at blive forstyrret af lyd eller støj.

Ved sammenholdelse af kravene i udbudsmaterialet og definitionerne af klasse B og C, vælges det i måleprojektet at stille et krav om opnåelse af niveau B.

Fremgangsmåden for målingerne af støj og efterklangstider er beskrevet i rapporten *"Komforthusene - Målinger og analyse af indeklima og energiforbrug i 8 passivhuse 2008-2011"*.

**2.4.1 Krav til støj fra tekniske installationer**

Ved vurdering af støj fra tekniske installationer, som i alle Komforthusene vil være støj fra ventilationsanlæg/kompaktaggregater, kompressorer, pumper mm, gælder følgende: [DS490]

Grænseværdier for støj fra tekniske installationer gælder for den enkelte installation og er relateret til umøblerede rum med lukkede vinduer og døre. Hvis målingerne foretages under andre rumforhold, foretages korrektioner i overensstemmelse med [1] i bibliografien.

I tilfælde af lavfrekvent støj bør det A-vægtede lydtrykniveau i det lavfrekvente område,  $L_{pA,LF}$ , ikke overstige 25 dB om dagen (kl. 07-18) eller 20 dB aften og nat (kl. 18-07). I lydklasse A og B bør overholdes grænseværdier, der er 5 dB lavere. Grænseværdier for lavfrekvent støj er relateret til en særlig målemetode, se [4] i bibliografien.

Kravene til maksimale grænseværdier for støj fra tekniske installationer er angivet i Tabel 2.4.

Rumtype	Målestørrelse	Klasse A i dB	Klasse B i dB	Klasse C i dB	Klasse D i dB
I beboelsesrum og køkkener samt i fælles opholdsrum	$L_{Aeq,T}$	20	25	30	35

Tabel 2.4. Støj fra tekniske installationer. Grænseværdier angivet som højeste værdier for A-vægtet, ækvivalent lydtrykniveau. [DS490]

**2.4.2 Krav til efterklangstider**

Kravene til efterklangstider i DS 490 er angivet i Tabel 2.5. Ved vurdering af resultaterne benyttes kravene til "fælles opholdrum".

Rumtype	Klasse A <i>T</i> i s	Klasse B <i>T</i> i s	Klasse C <i>T</i> i s	Klasse D <i>T</i> i s
I trapperum og gange med adgang til mere end 2 boliger eller erhvervsenheder, ved 500 Hz, 1000 Hz og 2000 Hz	1,0	1,0	1,3	1,3
I gange i plejehjem og lignende, hvor gangarealet i nogen grad anvendes til ophold, ved 500 Hz, 1000 Hz og 2000 Hz	0,9	0,9	0,9	0,9
Fælles opholdsrum, ved 125 Hz, 250 Hz, 500 Hz, 1000 Hz, 2000 Hz og 4000 Hz	0,6	0,6	0,6	Ingen krav
NOTE – I fælles opholdsrum er grænseværdien 0,9 s ved 125 Hz				

Tabel 2.5. Krav til efterklangstid. Grænseværdier angivet som højeste værdier i hvert oktavbånd. [DS490]

## 2.5 Vurderingskriterier oversigt

Nedenstående tabel giver et samlet overblik over de parametre der vurderes i forbindelse med indeklimaet i Komforthusene.

		Maks. afvigelse	
	Kriterium	Måned	År
Termisk			
Generel vurdering	Klasse II	12 og 25 %	3 og 5 %
Overtemperatur	25 °C	10 %	10 %
	26 °C	100 h	100 h
	27 °C	25 h	25 h
Undertemperatur	20 °C	100 h	100 h
	19 °C	25 h	25 h
Atmosfærisk			
CO <sub>2</sub>	Klasse II	12 og 25 %	3 og 5 %
	Klasse II	8 h i træk	-
Relativ fugtighed	Klasse II	12 og 25 %	3 og 5 %
	Klasse II	24 h i træk	-
	70%<φ<30%	24 h i træk	-
	φ<45%	1 måned i træk på nær 10 timer	-
	φ>75%	1 %	-
Dagslysfaktor	2 % ved bagmur	-	-
Akustik			-
Efterklang	Kat B	-	-
Tekniske installationer	Kat B	-	-

Tabel 2.6: Oversigt over vurderingskriterier for indeklima.

## 2.6 Energiforbrug

Til vurdering af husets energiforbrug genereres en rapport med data for energi brugt til rumopvarmning, opvarmning af varmt brugsvand samt det totale el-forbrug således, at fordelingen mellem de forskellige forbrug fremgår.

Da måleudstyret i huset også bruger el, vil dette blive fratrullet det totale el-forbrug. En oversigt over målte forbrug ses i rapporten *"Komforthusene - Målinger og analyse af indeklima og energiforbrug i 8 passivhuse 2008-2011"*.

I Stenagervænget 49 skal følgende el-forbrug fratrækkes: 16,7W

## 2.7 Overholdelse af passivhus-kriterierne

For at kontrollere, om husene overholder passivhus-kriterierne vil de nødvendige data for energiforbrug til rumopvarmning og det primære energiforbrug, dvs det totale el-forbrug, blive medtaget i separat datarapport på måneds- og årsbasis. Her skal det kontrolleres, om målingerne i husene viser en overensstemmelse med de beregnede værdier fundet i PHPP. Passivhus-kriterierne ses i Tabel 2.7.

Varmebehov	15 kWh/m <sup>2</sup> pr år
Primært Energibehov	120 kWh/m <sup>2</sup> pr år
Lufttæthed	0,6 h <sup>-1</sup> v. ΔP = 50 Pa

Tabel 2.7. Passivhus-kriterierne. [PHPP2007]

Kontrol af om lufttætheden er opnået, foretages via rapporten udleveret efter blowerdoor-test af husene.

## 2.8 Overholdelse af passivhus-anbefalingerne

Udover kontrol af passivhus-kriterierne, som skal overholdes for at kunne blive certificeret som passivhus, undersøges det, om passivhus-anbefalingerne er overholdt i projektet. Også her oprettes der en rapport med de målte data, som sammenholdes med de opstillede anbefalinger. Anbefalingerne kan ses i Tabel 2.8.

Varmelast	maks 10 W/m <sup>2</sup>
Overtemperatur	maks 10 % (t<25°C)
Vinduers U-værdi	maks 0,80 W/m <sup>2</sup> K

Tabel 2.8. Passivhus-anbefalingerne. [PHPP2007]

Antallet af timer med overtemperatur tælles månedsvis, og vil blive udregnet både på månedsbasis og på årsbasis. Ifølge PHPP skal overtemperatur-timer tælles, når temperaturen er over 25°C. Endeligt vil vinduernes U-værdier blive kontrolleret i PHPP-beregningen for hvert enkelt hus.

### 3. Beskrivelse af huset

I dette kapitel findes opbygning af huset på Stenagervænget 49 samt en beskrivelse af, hvor i huset der måles. På Figur 3.1 er et billede af huset fra sydøst vist. På Figur 3.2 er huset vist fra sydvest.



Figur 3.1: Stenagervænget 49 fra sydøst.

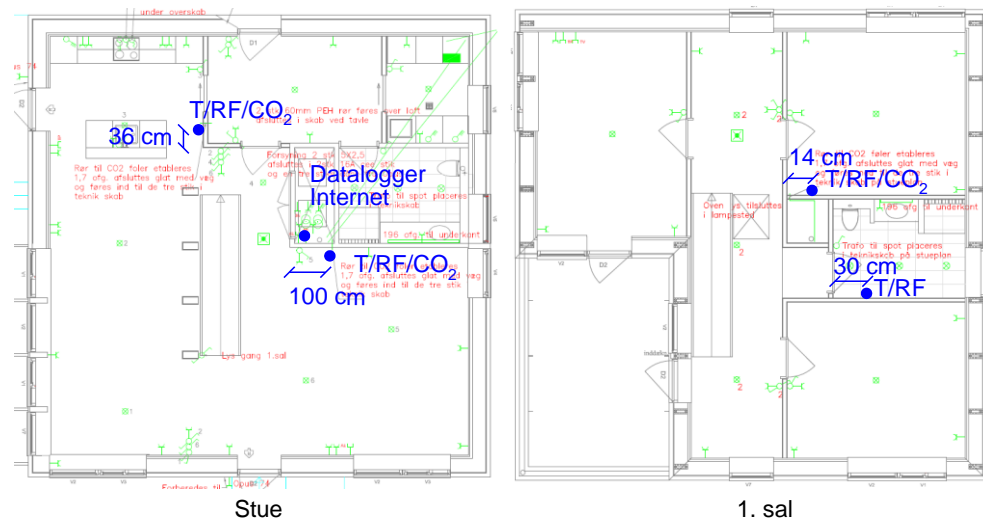


Figur 3.2: Stenagervænget 49 fra sydvest.

De 4 vinduer nederst mod syd er placeret i husets køkken/alrum. Der er efterfølgende monteret mulighed for brug af beplantning som solafskærmning i form af et wiresystem over stuevinduerne. Desuden er der samme mulighed over terrassen på 1. sal. Der er ved projektets afslutning ikke plantet noget hverken i stueplan eller på 1. sal.

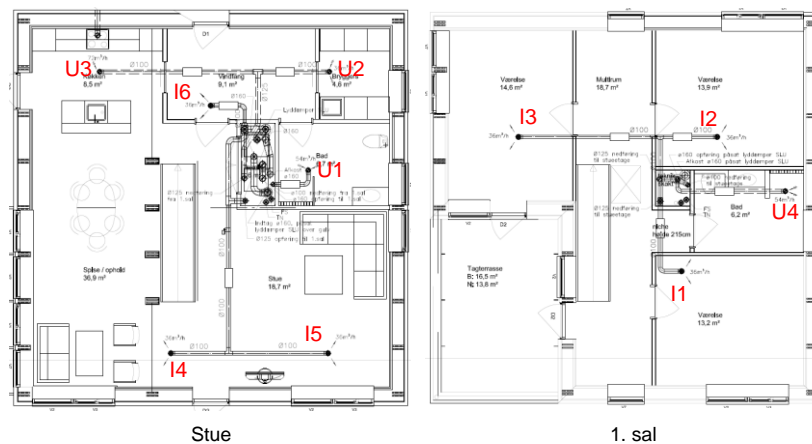


Nedenstående tegninger viser husets indretning, ventilationssystem samt placering af teknikrum. Elskab med hovedmåler er placeret i bryggers. Tomrør trukket herfra til teknikrum. Internetstik forefindes i teknikrum, hvor også bimålere samt aggregat placeres. Placering af el til CO<sub>2</sub>-målere er angivet på Figur 3.3 sammen med placering af målere til indeklimatemålinger. Disse placeres i h=1,6 m o.g.



Figur 3.3: Grundplan for Stenagervænget 49. Placering af indeklimatefølere.

Placering af ventilationskanaler er angivet på Figur 3.4. Desuden ses på denne tegning også nummereringen af indblæsnings- og udsugningsåbninger brugt i forbindelse med registrering af luftskifte i huset.



Figur 3.4. Placering af ventilationskanaler samt nummerering af henholdsvis indblæsning og udsugning.



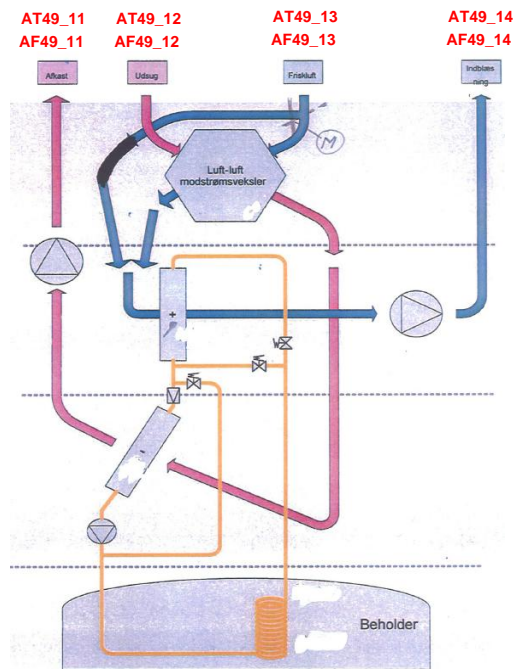
*Figur 3.5. Placering af indtag til jordkanal.*

Indblæsning/udsugning er placeret i loft. Indtag foretages via 50 m jordkanal. Indtagsåbningen er placeret i skur. Dette ses i Figur 3.5. Afkast er placeret over tag. Udsugning placeret i begge badeværelser, bryggers samt køkken.

Udover disse beskrevne målinger, måles der på elforbruget for hårde hvidevarer, belysning og andet forbrug samt en totalmåling af elforbruget. Endvidere måles energien brugt til varmt brugsvand. Detaljeret beskrivelse af målinger forefindes i kapitel 4.

### **3.1 Husets varmforsyning**

I huset er der installeret et Nilan VP18 compact anlæg, som illustreret i Figur 3.6. Nummerering af målepunkter jfr. beskrivelse på efterfølgende sider.



Figur 3.6. Placering af målepunkter i kompaktanlægget.

### 3.2 PHPP nøgletal

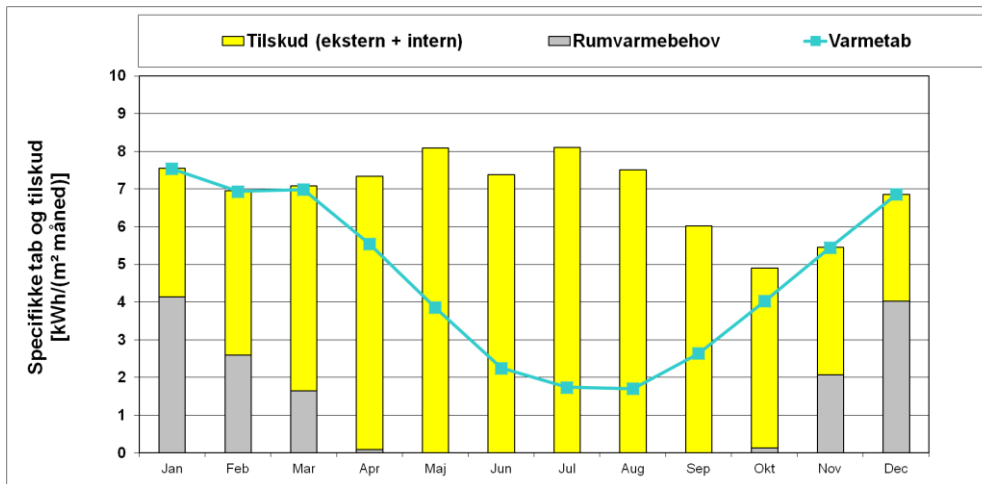
I dette afsnit vil resultaterne fra PHPP-beregningerne blive præsenteret. Da huset er opført efter passivhus standarden (PHPP), skal denne beregning overholdes for at huset kan certificeres. Endvidere skulle det danske bygningsreglement overholdes for at huset kunne opføres.

Herunder er nøgletal for PHPP-beregningen vist på Figur 3.7 og en varmebalance fra programmet er vist på Figur 3.8.

Specific Demands with Reference to the Treated Floor Area				
Treated Floor Area:		153,8	m <sup>2</sup>	
Applied:		Monthly Method	PH Certificate:	Fulfilled?
Specific Space Heat Demand:	15	kWh/(m <sup>2</sup> a)	15 kWh/(m <sup>2</sup> a)	Yes
Pressurization Test Result:	0,3	h <sup>-1</sup>	0,6 h <sup>-1</sup>	Yes
Specific Primary Energy Demand (DHW, Heating, Cooling, Auxiliary and Household Electricity):	114	kWh/(m <sup>2</sup> a)	120 kWh/(m <sup>2</sup> a)	Yes
Specific Primary Energy Demand (DHW, Heating and Auxiliary Electricity):	68	kWh/(m <sup>2</sup> a)		
Specific Primary Energy Demand Energy Conservation by Solar Electricity:	0	kWh/(m <sup>2</sup> a)		
Heating Load:	11	W/m <sup>2</sup>		
Frequency of Overheating:	1	%	over 25 °C	
Specific Useful Cooling Energy Demand:		kWh/(m <sup>2</sup> a)	15 kWh/(m <sup>2</sup> a)	
Cooling Load:	12	W/m <sup>2</sup>		

Figur 3.7: PHPP nøgletal.

Kravene for passivhus-standarden er overholdt. Energi til opvarmning er holdt under 15 kWh/m<sup>2</sup> år og den primære energi under 120 kWh/m<sup>2</sup>. Utætheden på bygningen er under 0,6 h<sup>-1</sup> og overtemperaturstimer over 25°C er under 10 % af tiden.



Figur 3.8: Varmebalance fra PHPP beregning.

Varmebalancen fra PHPP-beregningen viser, at tilskuddet til huset i de fleste måneder overstiger varmetabet, hvilket indikerer, at opvarmningssæsonen her er januar, februar, marts, november og december.

### 3.3 Problemer i huset

I forbindelse med en strømafbrydelse oktober 2009, blev forvarmebladen afkølet så kraftigt at VP18 slog fra for at sikre mod frostsprængning. Da huset stod ubeboet blev det først opdaget midt i januar og da var hele huset blevet meget koldt. For at forcere opvarmning stillede serviceteknikeren om på styringen så el-patronen i varmtvandsbeholderen havde første prioritet, foran varmepumpen i VP18. Udover varmt brugsvand forsynes gulvvarmen i badeværelserne og radiatoren i stuen fra varmtvandsbeholderen. Styringen blev ved en fejl ikke sat tilbage til normal drift før sidst på sommeren 2011. Det betyder at den har kørt med højt el-forbrug.



## 4. Beskrivelse af målinger

Ved udarbejdelsen af måleprogrammet er der skelnet mellem løbende målinger, som er de målinger der foretages i hele måleperioden, og spotmålinger, som er målinger af dagslys, akustik og ventilationsmængder, der foretages under enkelte besøg i huset.

### 4.1 Løbende målinger

De løbende målinger er målinger af energiforbrug til rumopvarmning og varmt brugsvand, el-forbrug samt indeklima-målinger. Måleusikkerheder for udstyret gennemgås i projektets tværgående rapport *"Komforthusene - Målinger og analyse af indeklima og energiforbrug i 8 passivhuse 2008-2011"*. Dette afsnit gennemgår i detaljer hvilke parametre der måles for Stenagervænget 49.

#### 4.1.1 Måling af indeklima

Registrering af indeklima foregår med trådløse følere. Dog skal CO<sub>2</sub>-målere forsynes med strøm. Placering af disse er angivet på plantegning. Følgende registreres løbende i den tre-årige måleperiode:

EMNE	UDFØRTE MÅLINGER	NØDVENDIGT UDSTYR	PLACERING	ANSVAR-LIG
Termisk og atmosfærisk indeklima:				
Det termiske indeklima omfatter temperaturfordelingen i huset. Det atmosfæriske indeklima omfatter luftkvaliteten i huset	<b>IT49_01:</b> Temperaturmåling <b>IF49_01:</b> Måling af relativ fugtighed <b>IC49_01:</b> CO <sub>2</sub> -måling	Eltek GD-47EE, RH/T/Co2, 0-5000ppm Transmitter T-9310	Køkken, st.	AAU
	<b>IT49_02:</b> Temperaturmåling <b>IF49_02:</b> Måling af relativ fugtighed <b>IC49_02:</b> CO <sub>2</sub> -måling	Eltek GD-47EE, RH/T/Co2, 0-5000ppm Transmitter T-9309	Værelse, 1.sal	AAU
	<b>IT49_03:</b> Temperaturmåling <b>IF49_03:</b> Måling af relativ fugtighed <b>IC49_03:</b> CO <sub>2</sub> -måling	Eltek GD-47EE, RH/T/Co2, 0-5000ppm Transmitter T-9294	Stue, st.	AAU
	<b>IT49_04:</b> Temperaturmåling <b>IF49_04:</b> Måling af relativ fugtighed	Eltek RH/T sensor GC-10 Transmitter T-9058	Baderum, 1.sal	AAU

#### 4.1.2 Målinger af energiforbrug

I forbindelse med registrering af energiforbruget i huset samt vurdering af COP og vekslereffektivitet skal følgende målinger foretages i kompaktaggregatet:

EMNE	UDFØRTE MÅLINGER	NØDVENDIGT UDSTYR	PLACERING	ANSVAR-LIG
Varmepumpe				
Varmepumpen opvarmer varmtvandsbeholderen. Desuden bruges kølevæsken til forvarmning af ventilations-luft efter varmeveksler.	<b>EL49_10:</b> El-forbrug til kompaktenhed (total)	Bi-måler	Elskab	TRE-FOR
Rumopvarmning/ventilation				
Rummene opvarmes af vandbåren gulvvarme (2xbad), eldrevet radiator (tilkoblet ek9 vandvarmer, Nilan) i stue samt ventilationsluft.	<b>EL49_05:</b> Elforbrug til radiator i stue	Bi-måler	Elskab	TRE-FOR
	<b>EL49_06:</b> Elforbrug til pumpe på gulvvarmekreds	Bi-måler	Elskab	TRE-FOR
	<b>EN49_03:</b> Energi leveret til gulvvarme, dvs. flow i gulvslanger ( <b>EN49_03Qv</b> ) samt temperaturforskelle over frem- og returløb ( <b>EN49_03T</b> )	Brunata HGQ1 Vurderet maks. flow < 1200 l/h	På gulvvarmekreds	Nilan
	<b>B_EN49_13:</b> Total energi tilført ventilationsluften. Dette beregnes via temperatur i friskluftsindtag (AT49_13) og indblæsningsluft (AT49_14) samt registrering af ventilationsflow (B_AL49_01). Benyttes ved bestemmelse af COP for hele anlægget.	Beregningsmæssigt punkt.	OEMS	TRE-FOR
	Der måles følgende temperaturer i tilslutningerne til aggregat: <b>AT49_11:</b> Afkastluft <b>AT49_12:</b> Udsugningsluft <b>AT49_13:</b> Friskluftsindtag <b>AT49_14:</b> Indblæsningsluft  Der måles følgende	Termoelementer/føle re	Se tegning med aggregat	Nilan

	fugtindhold i aggregat: <b>AF49_11:</b> Afkastluft <b>AF49_12:</b> Udsugningsluft <b>AF49_13:</b> Friskluftsindtag <b>AF49_14:</b> Indblæsningsluft  <b>B_AL49_01:</b> Luftmængde <b>EL49_08:</b> Elforbrug til ventilatorer	Fugtfølere forbundet til Eltek transmitter T-9508  Beregnes via registrering af ventilator-trin ( <b>AL49_02</b> )	Bi-måler	Nilan
Varmt brugsvand				
Varmt brugsvand tappes fra varmtvandsbeh- olderen. Energiforbrug måles efter beholderen således, at varmetabet fra beholderen indgår i den endelige COP- værdi.	<b>EN49_01:</b> Leveret varme fra varmespiral i beholder. Dette registreres via aftappet vand fra beholder. Der måles leveret vandmængde ( <b>EN49_01Qv</b> ) og temperaturdiffer- ens på koldt vand ( <b>EN49_01Tk</b> ) leveret til beholderen og varmt vand ( <b>EN49_01Tv</b> ) tappet fra beholderen	- Brunata HGQ1 Vurderet maks. flow =0,3 l/s = 1080 l/h $\Delta T=55^{\circ}\text{C}-$ $10^{\circ}\text{C}=45^{\circ}\text{C}$	På varmt brugsvand	TRE-FOR

Desuden skal følgende energimålinger foretages:

EMNE	UDFØRTE MÅLINGER	NØDVENDIGT UDSTYR	PLACERING	ANSVAR- LIG
El-forbrug				
For at kunne vurdere husets samlede forbrug af primær energi er det nødvendigt også at registrere el- forbruget i husholdningen.	<b>EL49_02:</b> El- forbrug hårdehvidevarer  <b>EL49_01:</b> Totalt el-forbrug  <b>B_EL49_03:</b> El- forbrug belysning/andet	Bi-måler  Hovedmåler  <b>B_EL49_03 =</b> EL49_01- (EL49_02+sum(EL4 9_04:EL49_15))– skønnet forbrug for måleudstyr	Elskab  Elskab	TRE-FOR  Bygherre
Forvarmning af indblæs- ningsluft				
Indblæsningsluft en forvarmes via 50 m rør i jord	<b>B_EN49_08:</b> Forvarmningen registreres via ventilationsmæn- gde ( <b>B_AL49_01</b> ), udeluftens temperatur ( <b>UD00_01</b> ) og temperaturen inden indgang til aggregat ( <b>AT49_13</b> )	<i>Beregningsmæssigt punkt.</i>	OEMS	TRE-FOR



#### 4.1.3 Beregning af nøgletal

Ud fra de opsamlede data vil der blive foretaget en vurdering af COP for anlægget samlet set/varmepumper alt efter mulighederne i huset (afhænger af placering af målepunkter), ventilationsanlægget SEL-værdi samt vekslerens effektivitet.

#### 4.2 Spotmålinger (registreres under enkeltdags besøg i huset)

Spotmålingerne foretages under en række besøg i huset i løbet af måleperioden, hvor bl.a. dagslys samt støj og akustik registreres.

##### 4.2.1 Bestemmelse af dagslysfaktorer

Dagslysmålinger foretages iht vejledningen givet i *SBi-anvisning 219, Dagslys i rum og bygninger*. Målingerne vil blive foretaget i centrale rum i et vandret plan fra vinduet og ind i rummet i en højde på 0,85 m over gulvet. Der foretages samtidige målinger af belysningsstyrken indendørs og udendørs for at kunne beregne dagslysfaktoren så nøjagtigt som muligt.

Beskrivelse af fremgangsmåde ved målinger er desuden beskrevet i rapporten *"Komforthusene - Målinger og analyse af indeklime og energiforbrug i 8 passivhuse 2008-2011"*.

##### 4.2.2 Måling af efterklangstider og støj fra tekniske installationer

Målinger af efterklangstider samt støj fra ventilationsanlæg foretages i husets stue eller køkken/alrum. Disse udføres iht vejledningen givet i *DS 490, Lydklassifikation af boliger* samt ud fra måle-anvisningerne givet i *Støjfri ventilationsanlæg* af Carl Erik Hyldgård.

Beskrivelse af fremgangsmåde ved målinger er desuden beskrevet i *"Komforthusene - Målinger og analyse af indeklime og energiforbrug i 8 passivhuse 2008-2011"*.

##### 4.2.3 Måling af luftmængder

Måling af luftmængder i husene er målt ved anlæggets forskellig trin, i de tilfælde ventilatoren kører med forskellige trin. Resultatet af disse målinger kobles sammen med målinger af strømforbrug fra ventilatoren (foretages som løbende måling) for at fastlægge husets aktuelle luftskifte.

#### 4.3 Yderligere målinger/beregninger

Der foretages kontrol af alle følere, instrumenter og tilslutninger.

Husenes tæthed skal måles, evt. når tæthedsmembranen er færdiggjort og når huset er indflytningsklart. Dette foretages af konsortiet via en blowerdoor-test. Resultatet herfra oplyses til Aalborg Universitet til brug ved vurdering af husets samlede energiforbrug og indeklime.

Udeklima registreres løbende via lokal vejrstation samt DMI-data fra Billund. Her registreres udetemperatur, vindhastighed og –retning samt solindfald.

## 5. Resultater for indeklima-analyser

I huset vil der være flest opholdstimer i køkken/alrum, hvorfor der vil blive lagt mest fokus på dette målepunkt i analysen.

### 5.1 Termisk indeklima

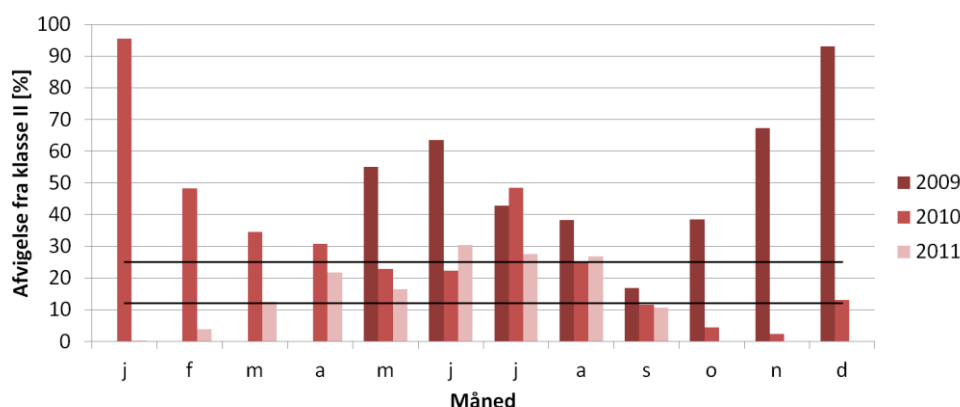
I afsnit 2.1 er det beskrevet hvilke krav der er opsat for det termiske indeklima. Med et aktivitetsniveau på 1,2 met, er kategori I, II og III defineret og det er som standard defineret i projektet at kategori II skal overholdes. Oversigt over, hvilke analyser der foretages for termisk indeklima findes i Tabel 2.6. I dette afsnit vil det blive belyst om disse krav er overholdt. Sammenfatning af resultaterne i dette afsnit foretages i afsnit 5.2.

#### 5.1.1 DS/EN 15251– overholdelse af kategori II

I de følgende tabeller vises den procentvise andel af timer der ligger udenfor kategori II. Opgørelserne er foretaget på månedsbasis i Tabel 5.1 til Tabel 5.4. Ved valg af beklædning er der sommer brugt sommerbeklædning (0,5 clo) og vinter brugt vinterbeklædning (1,0 clo) til at vurdere den termiske komfort. Forår og efterår er der regnet med variabel beklædning således, at der i disse perioder vælges komfortinterval ud fra det interval der giver mindst timer underfor kategori 2. En årsopdelt opgørelse findes i Tabel 5.5. Denne opgørelse er også foretaget for temperaturer mellem 20°C og 26°C. Sæsonopdelte værdier samt værdier for fordelingen mellem kategori I, II og III findes i "Bilag B – Termisk indeklima"

	j	f	m	a	m	j	j	a	s	o	n	d
2009	-	-	-	-	55	64	43	38	17	38	67	93
2010	95	48	35	31	23	22	49	25	12	4	2	13
2011	0	4	13	22	16	30	28	27	11	-	-	-

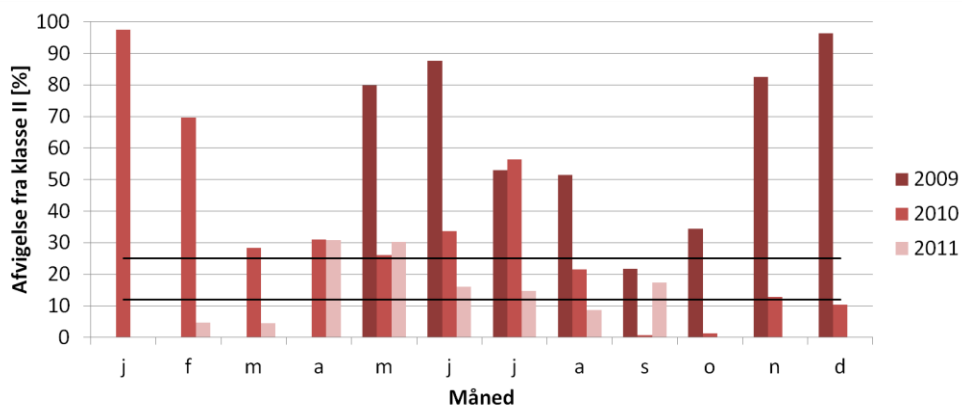
Tabel 5.1: Afvigelser i procent fra kategori II for køkken/alrum, stueplan.



Figur 5.1: Grafisk illustration af afvigelser i procent fra kategori II for køkken/alrum, stueplan.

	j	f	m	a	m	j	j	a	s	o	n	d
2009	-	-	-	-	80	88	53	51	22	34	83	96
2010	97	70	28	31	26	34	56	22	1	1	13	10
2011	0	5	4	31	30	16	15	9	17	-	-	-

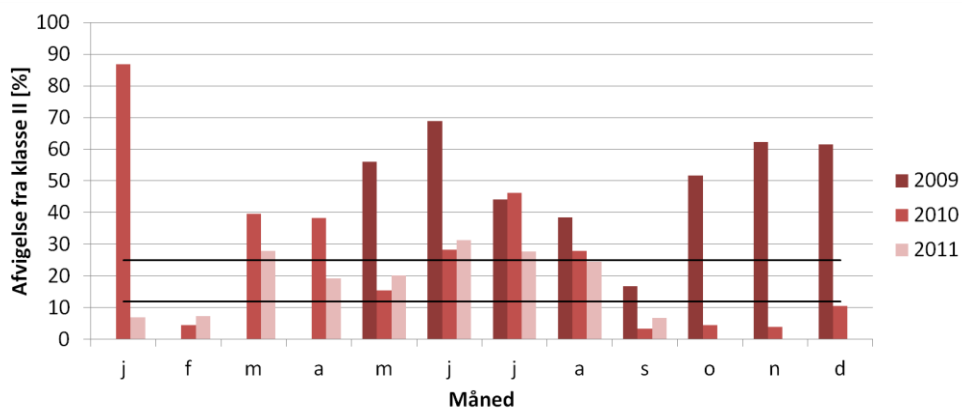
Tabel 5.2: Afbigselser i procent fra kategori II for værelse, 1. sal.



Figur 5.2: Grafisk illustration af afvigelse i procent fra kategori II for værelse, 1. sal.

	j	f	m	a	m	j	j	a	s	o	n	d
2009	-	-	-	-	56	69	44	38	17	52	62	61
2010	87	4	40	38	15	28	46	28	3	5	4	10
2011	7	7	28	19	20	31	28	24	7	-	-	-

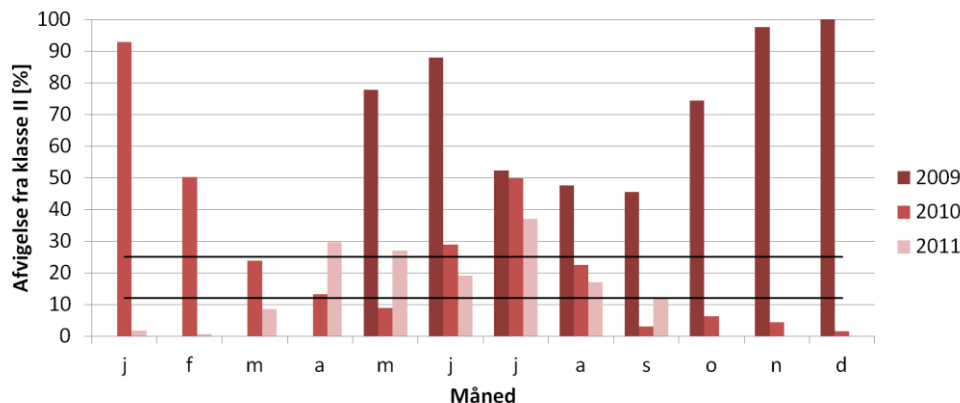
Tabel 5.3: Afbigselser i procent fra kategori II for stue, stueplan.



Figur 5.3: Grafisk illustration af afvigelse i procent fra kategori II for stue, stueplan.

	j	f	m	a	m	j	j	a	s	o	n	d
2009	-	-	-	-	78	88	52	48	46	74	98	100
2010	93	50	24	13	9	29	50	22	3	6	4	1
2011	2	1	9	30	27	19	37	17	12	-	-	-

Tabel 5.4: Afvigelser i procent fra kategori II for baderum, 1. sal.



Figur 5.4: Grafisk illustration af afvigelser i procent fra kategori II for baderum, 1. sal.

Af ovenstående figurer fremgår det, at de største afvigelser fra kategori II forekommer i sommerhalvåret. Dette kan tyde på, at der er problemer med overophedning i huset. Dette undersøges yderligere i afsnit 5.2.

	2009	2010	2011
Køkken/alrum	38	19	1
Værelse	41	23	2
Stue	31	13	1
Baderum	53	19	1

Tabel 5.5: Samlet årsoversigt over afvigelser i procent fra kategori II for alle rum. Vurdering er foretaget for temperaturer mellem 20°C og 26°C.

Ved vurdering af resultaterne på årsbasis giver 2011 gode resultater, da alle rum har mindre end 3% afvigelse fra kategori II. 2011 er det eneste år, hvor huset har været beboet hele året.

### 5.1.2 PHPP, lavenergiklasse 2015 og bygningsklasse 2020

Sammenligning med passivhusanbefalingen, krav til lavenergiklasse 2015/bygningsklasse 2020 samt vurdering af problemer med utilstrækkelig opvarmning foretages i Tabel 5.6 til Tabel 5.9 på månedsniveau. Tabel 5.10 indeholder en oversigt på årsniveau. Bemærk af temperaturer > 25°C angives i %. De øvrige vurderinger angives i h.

		j	f	m	a	m	j	j	a	s	o	n	d
2009	<19 [h]	-	-	-	-	0	0	0	0	0	1	292	491
	<20 [h]	-	-	-	-	0	0	0	0	0	283	484	693
	>25 [%]	-	-	-	-	75	84	54	54	8	0	0	0
	>26 [h]	-	-	-	-	391	458	266	230	15	0	0	0
	>27 [h]	-	-	-	-	249	351	164	108	0	0	0	0
2010	<19 [h]	653	0	42	0	0	0	0	0	0	1	0	38
	<20 [h]	710	311	88	0	0	0	0	0	0	7	0	92
	>25 [%]	0	1	8	12	8	13	65	12	1	0	0	0
	>26 [h]	0	2	16	33	24	35	360	10	0	0	0	0
	>27 [h]	0	0	5	6	3	4	223	0	0	0	0	0
2011	<19 [h]	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-	-	-
	<20 [h]	0	9	0	7	1	0	0	0	0	-	-	-
	>25 [%]	0	0	4	8	2	11	9	8	2	-	-	-
	>26 [h]	0	0	4	0	0	33	14	15	2	-	-	-
	>27 [h]	0	0	0	0	0	7	2	0	0	-	-	-

Tabel 5.6: Over- og undertemperaturstimer for køkken/alrum.

		j	f	m	a	m	j	j	a	s	o	n	d
2009	<19 [h]	-	-	-	-	0	0	0	0	0	19	269	634
	<20 [h]	-	-	-	-	0	0	0	0	4	256	594	717
	>25 [%]	-	-	-	-	87	93	69	64	8	0	0	0
	>26 [h]	-	-	-	-	585	627	385	348	7	0	0	0
	>27 [h]	-	-	-	-	506	573	284	232	0	0	0	0
2010	<19 [h]	671	145	84	0	0	0	0	0	0	1	6	36
	<20 [h]	725	468	134	0	0	0	0	0	0	9	92	77
	>25 [%]	0	0	3	8	10	17	75	9	0	0	0	0
	>26 [h]	0	0	4	7	34	31	419	2	0	0	0	0
	>27 [h]	0	0	0	1	7	2	303	0	0	0	0	0
2011	<19 [h]	0	9	0	0	0	0	0	0	0	-	-	-
	<20 [h]	0	32	0	0	0	0	0	0	0	-	-	-
	>25 [%]	0	0	0	13	10	28	29	24	1	-	-	-
	>26 [h]	0	0	0	1	7	88	43	27	0	-	-	-
	>27 [h]	0	0	0	0	0	32	0	0	0	-	-	-

Tabel 5.7: Over- og undertemperaturstimer for værelse.

		j	f	m	a	m	j	j	a	s	o	n	d
2009	<19 [h]	-	-	-	-	0	0	0	0	0	46	348	412
	<20 [h]	-	-	-	-	0	0	0	0	9	384	448	457
	>25 [%]	-	-	-	-	72	84	52	52	4	0	0	0
	>26 [h]	-	-	-	-	389	495	261	218	0	0	0	0
	>27 [h]	-	-	-	-	256	345	161	102	0	0	0	0
2010	<19 [h]	606	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	4
	<20 [h]	646	0	7	1	0	0	0	0	2	17	0	25
	>25 [%]	0	1	27	23	6	11	62	6	0	0	0	1
	>26 [h]	0	3	77	43	10	13	333	2	0	0	0	0
	>27 [h]	0	0	14	0	0	0	191	0	0	0	0	0
2011	<19 [h]	606	0	1	0	0	0	0	0	0	-	-	-
	<20 [h]	646	0	7	1	0	0	0	0	2	-	-	-
	>25 [%]	0	1	27	23	6	11	62	6	0	-	-	-
	>26 [h]	0	3	77	43	10	13	333	2	0	-	-	-
	>27 [h]	0	0	14	0	0	0	191	0	0	-	-	-

Tabel 5.8: Over- og undertemperaturstimer for stue.

		j	f	m	a	m	j	j	a	s	o	n	d
2009	<19 [h]	-	-	-	-	0	0	0	0	61	253	491	680
	<20 [h]	-	-	-	-	0	0	0	0	213	554	703	744
	>25 [%]	-	-	-	-	84	94	67	59	3	0	0	0
	>26 [h]	-	-	-	-	560	629	382	302	0	0	0	0
	>27 [h]	-	-	-	-	476	557	274	210	0	0	0	0
2010	<19 [h]	660	0	89	0	1	0	0	0	5	7	5	0
	<20 [h]	691	337	122	0	5	0	0	1	21	47	32	10
	>25 [%]	0	0	1	2	4	14	60	3	0	0	0	0
	>26 [h]	0	0	0	3	8	20	334	0	0	0	0	0
	>27 [h]	0	0	0	0	0	8	264	0	0	0	0	0
2011	<19 [h]	0	1	1	0	0	0	0	0	0	-	-	-
	<20 [h]	0	4	3	0	0	0	0	0	0	-	-	-
	>25 [%]	0	0	2	10	6	22	14	8	3	-	-	-
	>26 [h]	0	0	0	4	10	63	17	7	0	-	-	-
	>27 [h]	0	0	0	0	0	18	4	0	0	-	-	-

Tabel 5.9: Over- og undertemperaturstimer for baderum.

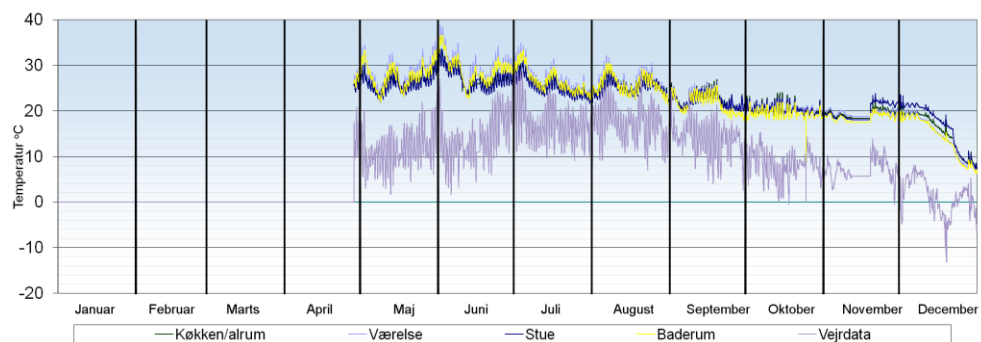
		<19 [h]	<20 [h]	>25 [%]	>26 [h]	>27 [h]
Køkken/alrum	2009	783	1459	29	1888	1288
	2010	733	1207	10	480	241
	2011	0	17	4	71	9
Værelse	2009	921	1570	28	2001	1631
	2010	942	1504	10	497	313
	2011	9	32	9	166	32
Stue	2009	805	1297	23	1391	884
	2010	611	697	11	481	205
	2011	0	1	4	62	10
Bade-rum	2009	1484	2213	32	2404	1942
	2010	766	1265	7	365	272
	2011	2	7	6	104	22

Tabel 5.10: Årsværdier for over- og undertemperaturtimer.

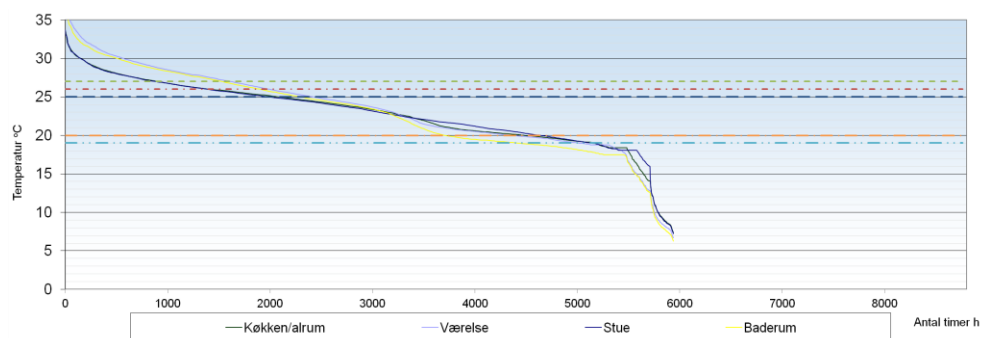
### 5.1.3 Temperaturmålinger foretaget gennem hele året

Følgende afsnit viser temperaturkurverne for målepunkterne placeret rundt i huset. Samtidig kan indetemperaturens afhængighed af udetemperaturen vurderes.

#### 2009

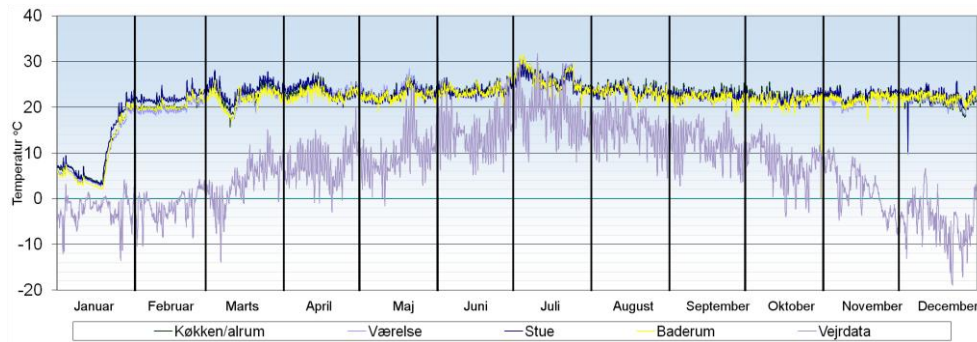


Figur 5.5 Temperaturer i de enkelte rum for 2009.

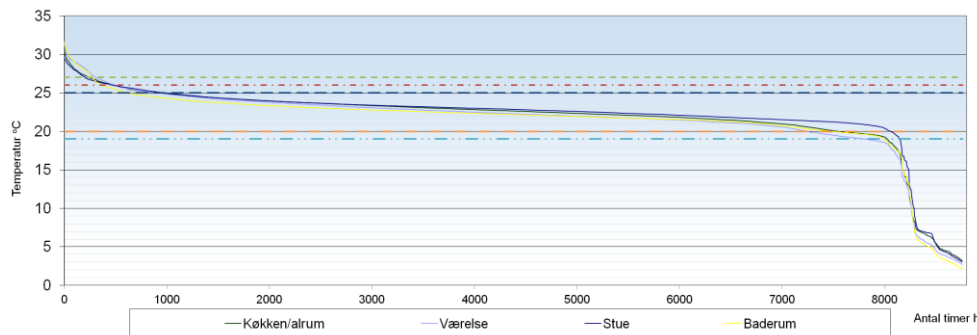


Figur 5.6 Akkumuleret temperatur for de enkelte rum for 2009.

2010

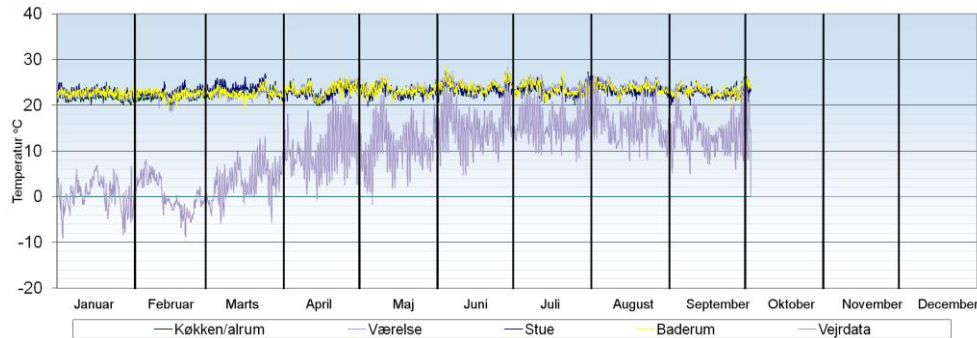


Figur 5.7 Temperaturer i de enkelte rum for 2010.

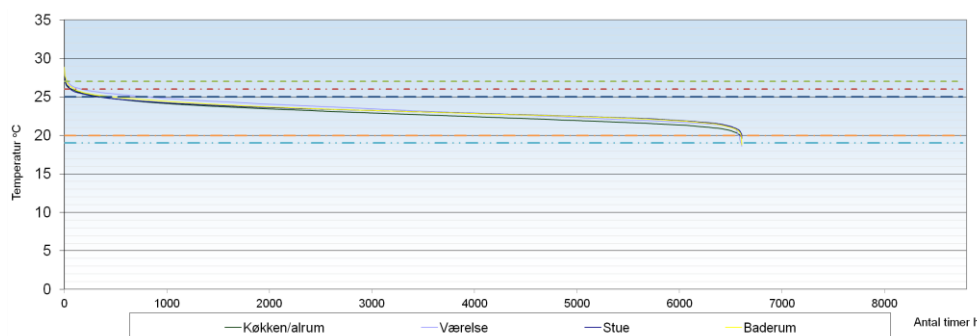


Figur 5.8 Akkumuleret temperatur for de enkelte rum for 2010.

2011



Figur 5.9 Temperaturer i de enkelte rum for 2011.



Figur 5.10 Akkumuleret temperatur for de enkelte rum for 2011.

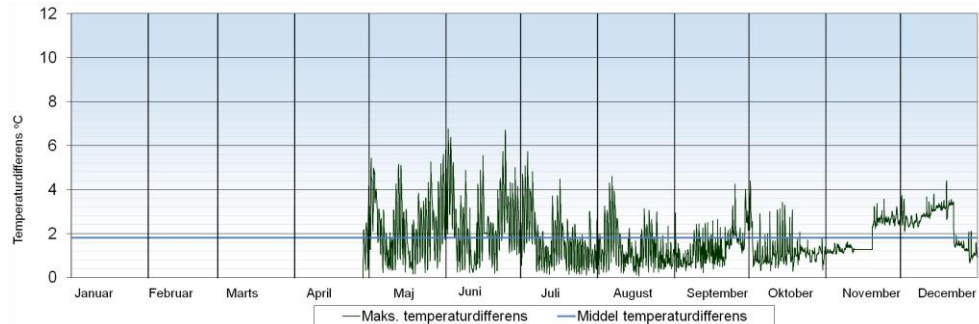
Huset har været beboet siden april 2010, og temperaturen holdes i næsten hele perioden konstant. Dog er der i de tidlige forårmåneder samt i sommerperioderne enkelte peaks med overtemperatur. Graferne viser også er rimelig ensartet temperatur i hele huset – der er ikke nogen rum der adskiller sig væsentligt fra de øvrige.



#### 5.1.4 Temperaturforskel imellem rum

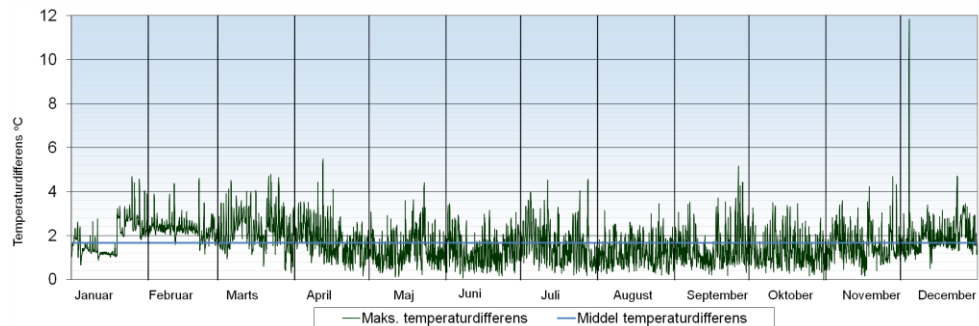
Det fremgår af figurerne i afsnit 5.1.3, at der er uens temperaturer i rummene. Denne variation vil naturligt opstå afhængigt af rummenes brug, da det interne varmetilskud varieres efter antallet af personer i et rum. De følgende figurer viser hvorledes forskellen mellem det koldeste og det varmeste rum varierer i løbet af 2009-2011.

2009



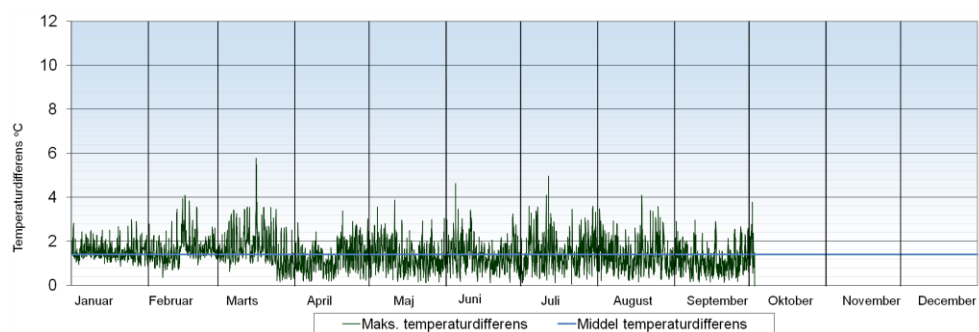
Figur 5.11 Maksimal temperaturforskel imellem rummene for 2009.

2010



Figur 5.12 Maksimal temperaturforskel imellem rummene for 2010.

2011



Figur 5.13 Maksimal temperaturforskel imellem rummene for 2011.

Som det også fremgik i forrige afsnit er der kun lille forskel i temperatur mellem det varmeste og det koldeste rum.

#### 5.2 Opsamling: Termisk indeklima

Ud fra analyserne i afsnit 5.1 samt resultaterne i "Bilag B – Termisk indeklima" vil der i det følgende blive opsummeret på resultaterne for huset. Der er i analyserne brugt følgende opdeling af sæsoner:

- Forår: marts, april, maj

- Sommer: juni, juli og august
- Efterår: september, oktober, november
- Vinter: december, januar, februar (fra samme år!)

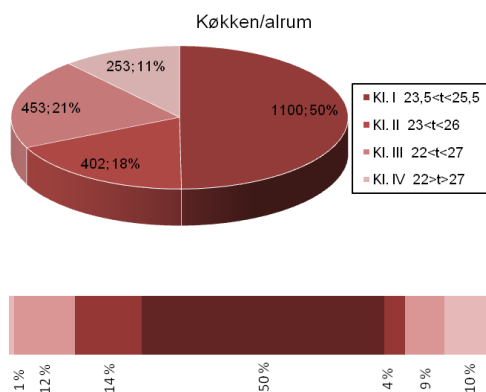
## 5.2.1 Termisk funktion

### Forårssituation

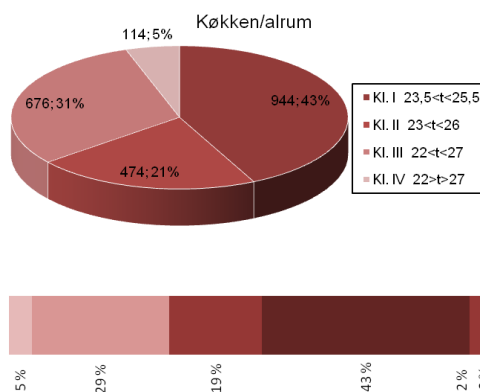
Da huset kun har været beboet tre forårsmåneder i træk i foråret 2011, ses der udelukkende på dette år. Der er i denne sæson ingen problemer i huset, og alle rum holder sig indenfor kategori II i min 99% af tiden.

### Sommersituation

I sommerperioderne opnås mellem 60-70% af tiden i kategori II i både 2010 og 2011, og fordelingerne er næsten ens mellem de forskellige rum. Dog er der en tendens til, at afvigelserne fra kat. II i 2010 er ligeligt fordelt på den varme og kolde side hvorimod de i 2011 mest er på den kolde side. Dette fremgår af Figur 5.14 og Figur 5.15, som er resultatet fra køkken/alrum i henholdsvis 2010 og 2011.



Figur 5.14: Timefordeling i komfortklasser for sommersituation i køkken/alrum i 2010.

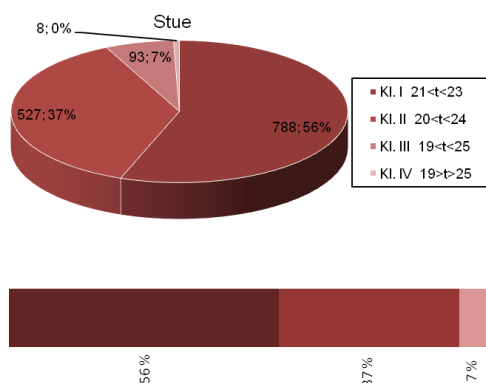


Figur 5.15: Timefordeling i komfortklasser for sommersituation i køkken/alrum i 2011.

### Efterårssituation

Efteråret fungerer, ligesom forårssituationen, godt i huset, og alle rum ligger tæt på 100% af tiden i kategori II. En enkelt lille afvigelse findes i 2010 i værelset og badeværelset, som "kun" har 96% af tiden i kategori II.

### Vintersituation



Figur 5.16: Timefordeling i komfortklasser for vintersituation i stue i 2011.

I vinterperioden fungerer huset også godt og kategori II opnås det meste af tiden. De største afvigelser forekommer i stuen, men disse er kun på 7%, hvilket er langt under de anbefalede 12% og 25%.

### 5.2.2 Overholdelse af krav/anbefalinger

I dette afsnit kontrolles hvorledes resultaterne fundet i projektet afviger fra de opstillede krav og anbefalinger i afsnit 2.1.

#### DS/EN 15251 kategori II

Som tidligere nævnt vurderes her ud fra som maksimal afvigelse på 3 eller 5 %, hvilket på årsbasis svarer til 259 og 432 timer. [DS/EN 15251, 2007]. Desuden vurderes på månedsbasis ud fra afvigelser på 12 og 25 %, som anbefales i udkastet til "*Definition of the indoor environmental quality- Used for Net Zero Energy Buildings (NetZEB)*" udarbejdet i Strategisk forskningscenter for Energineutralt byggeri.

I denne bolig forekommer de største afvigelser fra kategori II i sommerhalvåret. Dog viser det sig, at afvigelserne ikke udelukkende skyldes overtemperaturer, men også temperaturer under 23°C udløser denne afvigelse i sommermånederne. Dette viser en effektiv afskærmning i huset. Dog er der problemer med overtemperatur i værelset mod syd, som ikke har samme udvendige afskærmning som stuen.

Ved vurdering af resultaterne på årsbasis giver 2011 gode resultater, da alle rum har mindre end 3% afvigelse fra kategori II. 2011 er det eneste år, hvor huset har været beboet hele året.

#### Lavenergiklasse 2015 og bygningsklasse 2020

Ved vurdering af de nuværende krav til lavenergiklasse 2015 og bygningsklasse 2020 om maks 100 timer over 26°C og 25 timer over 27°C skal tællingen af timer foretages for kritiske rum. I dette tilfælde vurderes det kritiske rum at være køkken/alrum, da dette rum er sydvendt med store vinduespartier. Der er i 2011, som er det bedste år set i forhold til overtemperaturer, registreret 71 timer over 26°C og 9 timer over 27°C i dette rum.

Ud fra ovennævnte antal timer kan det derfor konkluderes, at huset, vurderet på baggrund af temperaturen i køkken/alrum, kan leve op til de krav der i dag stilles til indeklima i lavenergibyggeri.

Ses der på resultaterne af de øvrige rum fremgår det, at værelset mod nordvest ikke kan leve op til kravene, da der i dette rum er 166 timer over 26°C og 32 timer over 27°C. Dette resultat viser en svaghed ved metoden foreslået i BR10, da man i nogle tilfælde kan foretage en fejlvurdering når det kritiske rum skal findes.

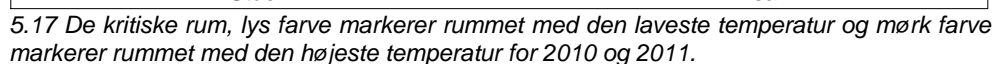
#### PHI-anbefaling ift overtemperatur

Ved vurdering af passivhus-anbefalingen om maks 10% af tiden over 25°C, svarer de 10% til en beregning baseret på hele huset som gennemsnit. I praksis vil de sydvendte rum ofte overophede hvorimod de nordvendte rum forbliver kølige, og det kan derfor diskuteres hvorvidt denne vurdering bør foretages på rumniveau eller ej. I afsnit 5.1.2 opgives tallene på rumniveau. Heraf fremgår det, at huset i 2011 overholder de 10% alle registrerede rum i huset, og dermed ikke har problemer med at overholde kriteriet.

### 5.2.3 Kritiske rum

Der gives i det følgende en oversigt over hvilke rum der typiske er kolde hhv varme rum i boligen. Oversigten er foretaget ud fra temperaturmålinger

E



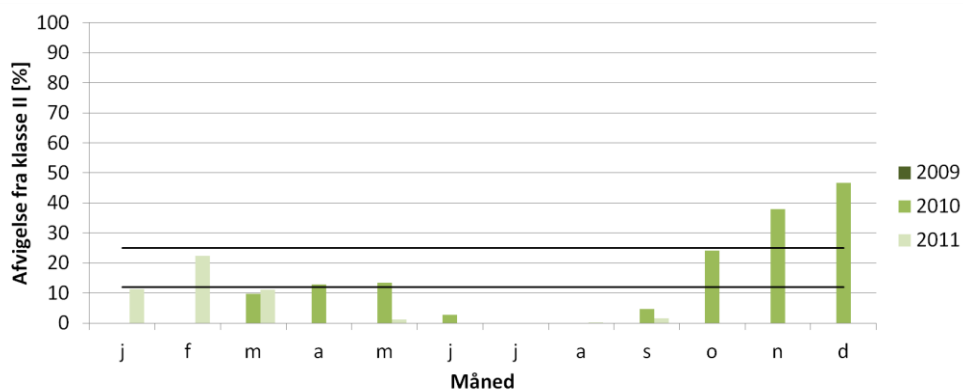
### 5.3 Atmosfærisk indeklima – luftkvalitet

Der søges også med atmosfærisk indeklima at overholde kategori II. Oversigt over, hvilke analyser der foretages for CO<sub>2</sub>-niveauet i bygningen findes i Tabel 2.6. I dette afsnit vil det blive belyst om disse krav er overholdt. Sammenfatning af resultaterne i dette afsnit foretages i afsnit 5.4.

I de følgende tabeller vises den procentvise andel af timer, der ligger udenfor kategori II. Opgørelserne er foretaget på månedsbasis i Tabel 5.11 til Tabel 5.13. En årsopdelte opgørelse findes i Tabel 5.14. Sæsonopdelte værdier samt værdier for fordelingen mellem kategori I, II og III findes i "Bilag C – Atmosfærisk indeklima (luftkvalitet)"

	j	f	m	a	m	j	j	a	s	o	n	d
2009	-	-	-	-	0	0	0	0	0	0	0	0
2010	0	0	10	13	13	3	0	0	5	24	38	47
2011	11	22	11	0	1	0	0	0	2	-	-	-

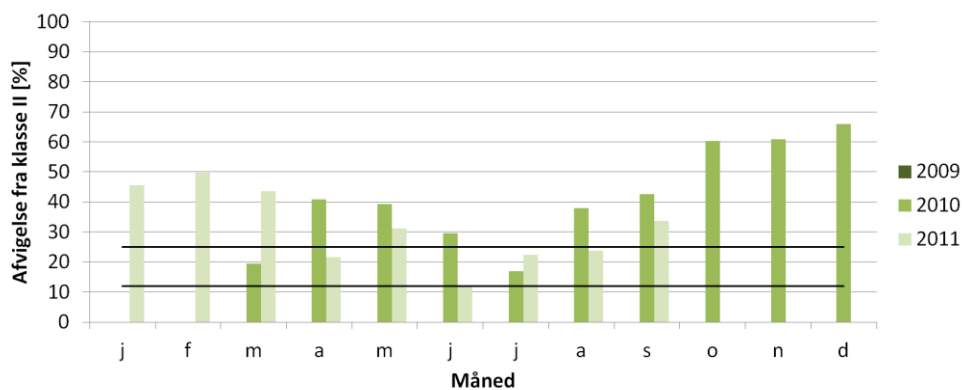
Tabel 5.11: Afvigelser i procent fra kategori II for køkken/alrum.



Figur 5.18: Grafisk illustration af afvigelser i procent fra kategori II for køkken/alrum.

	j	f	m	a	m	j	j	a	s	o	n	d
2009	-	-	-	-	0	0	0	0	0	0	0	0
2010	0	0	19	41	39	30	17	38	43	60	61	66
2011	46	50	44	22	31	12	22	24	34	-	-	-

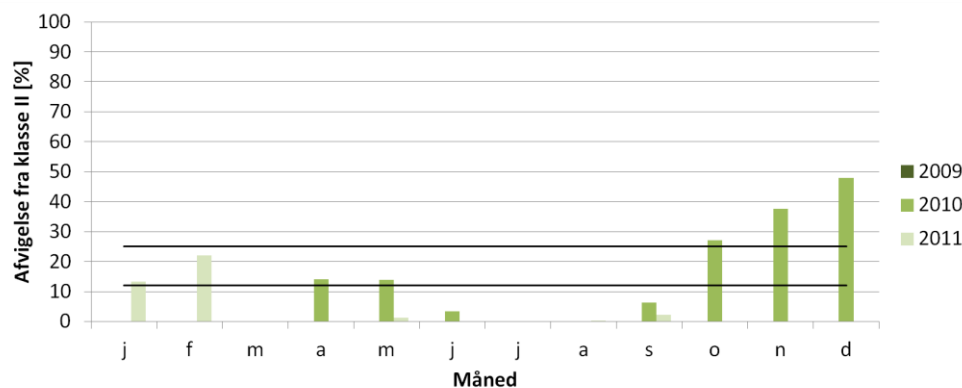
Tabel 5.12: Afvigelser i procent fra kategori II for værelse.



Figur 5.19: Grafisk illustration af afvigelser i procent fra kategori II for værelse.

	j	f	m	a	m	j	j	a	s	o	n	d
2009	-	-	-	-	0	0	0	0	0	0	0	0
2010	0	0	0	14	14	3	0	0	6	27	38	48
2011	13	22	0	0	1	0	0	0	2	-	-	-

Tabel 5.13: Afvigelser i procent fra kategori II for stue.



Figur 5.20: Grafisk illustration af afvigelser i procent fra kategori II for stue.

Det fremgår af ovenstående figurer, at afvigelseerne er størst i vinterhalvåret, hvilket er helt som forventeligt, idet huset er mere lukket i denne periode end om sommeren hvor døre og vinduer ofte er åbne. Desuden ses det, at værelset, som er det rum med mindst volumen pr person, opnår store afvigelser fra kategori II en stor del af året. Desuden er det også værelset der ved en årsvurdering opnår det dårligste resultat med afvigelser fra kategori II i 31% af tiden.

	2009	2010	2011
Køkken/alrum	0	13	5
Værelse	0	35	31
Stue	0	13	6

Tabel 5.14: Samlet årsoversigt over afvigelser fra kategori II for alle rum.

### 5.3.2 Sammenhængende perioder med overskridelse af kategori II

I det følgende vurderes hvor mange sammenhængende 8 timers perioder der er, hvor værdierne er udenfor kategori II.

		j	f	m	a	m	j	j	a	s	o	n	d
2009	Køkken/ alrum	-	-	-	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Værelse	-	-	-	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Stue	-	-	-	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2010	Køkken/ alrum	0	0	0	2	2	0	0	0	0	4	5	8
	Værelse	0	0	9	13	17	10	8	15	22	26	21	25
	Stue	0	0	0	2	2	0	0	0	0	4	7	10
2011	Køkken/ alrum	1	2	0	0	0	0	0	0	0	-	-	-
	Værelse	22	20	20	4	4	1	4	0	5	-	-	-
	Stue	1	2	0	0	0	0	0	0	0	-	-	-

Tabel 5.15: Antal sammenhængende perioder >8 timer hvor klasse II ikke er overholdt.

Resultaterne følger godt konklusionerne fra forrige afsnit, men desuden fremgår det, at der også i sommerperioden i værelset er perioder med over 8 timers sammenhængende overskridelse af kat. II, selvom ventilationen i denne periode ofte er væsentligt forøget vha naturlig ventilation.

Ved sammenfatning af resultaterne i Tabel 5.15 til årsniveau findes antal sammenhængende 8 timers perioder i løbet af et år i Tabel 5.16.

		Klasse II
Køkken/ alrum	2009	0
	2010	21
	2011	3
Værelse	2009	0
	2010	166
	2011	80
Stue	2009	0
	2010	25
	2011	3

Tabel 5.16: Antal sammenhængende perioder >8 timer hvor klasse II ikke er overholdt på årsbasis.

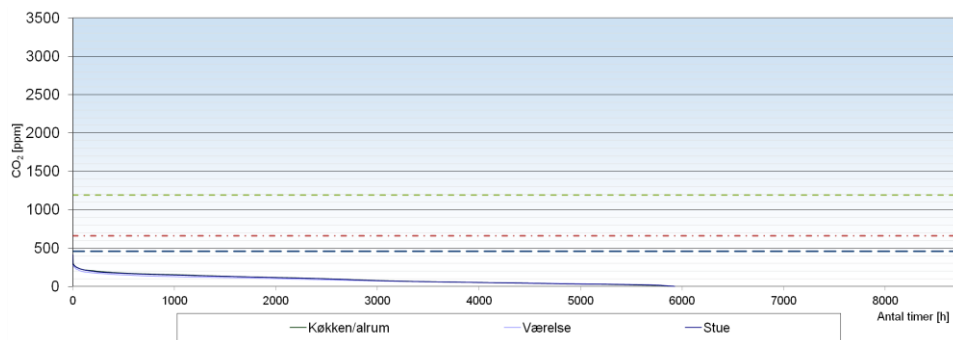
### 5.3.3 CO<sub>2</sub>-målinger foretaget gennem hele året

Følgende afsnit indeholder en kronologisk oversigt over CO<sub>2</sub>-målingerne i huset fratrasket udeniveau således, at de direkte kan sammenholdes med kravene fra hhv DS/EN 15251 og CR1752 (se evt afsnit 2.2.1).

2009

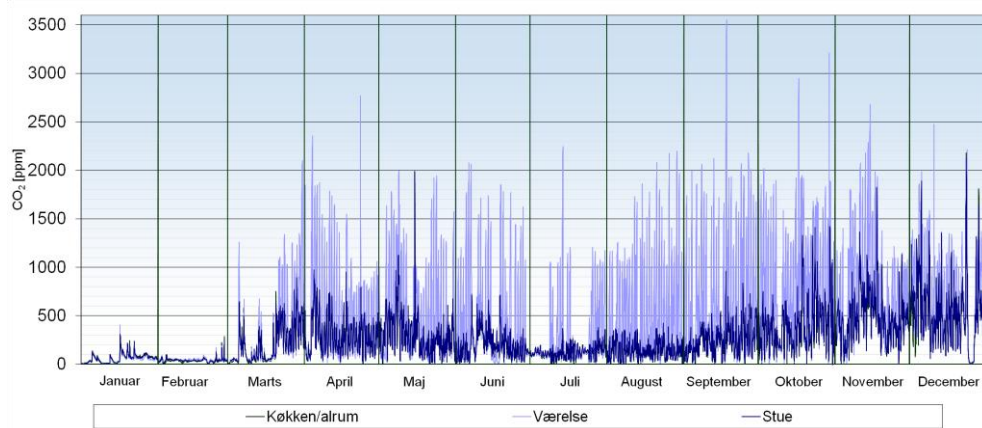


Figur 5.21 CO<sub>2</sub>-niveau i de enkelte rum for 2009.

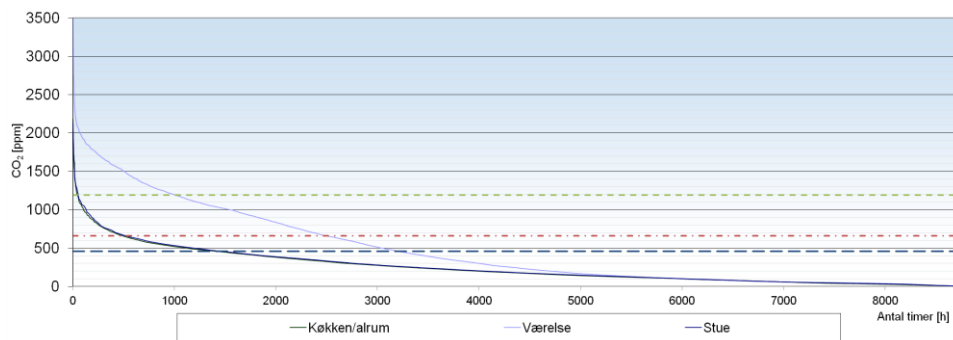


Figur 5.22 Figur 5.23 Akkumuleret CO<sub>2</sub>-niveau for de enkelte rum for 2009.

2010



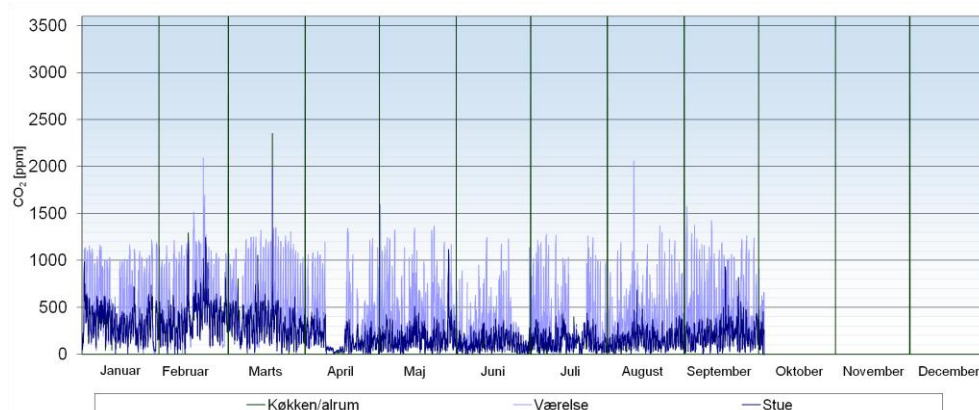
Figur 5.24 CO<sub>2</sub>-niveau i de enkelte rum for 2010.



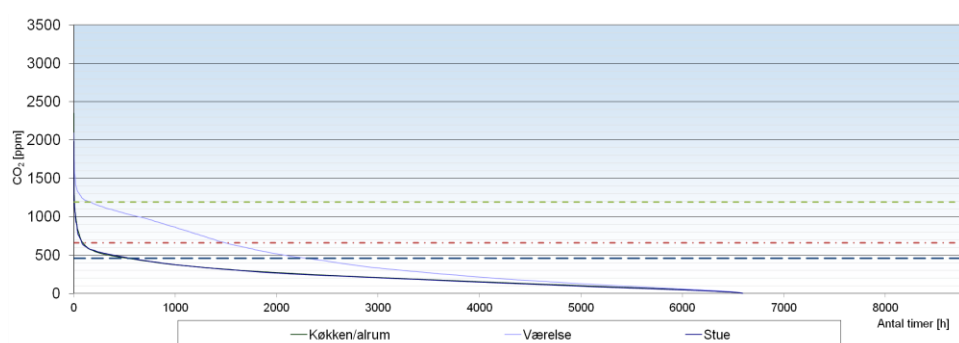
Figur 5.25 Figur 5.26 Akkumuleret CO<sub>2</sub>-niveau for de enkelte rum for 2010.



2011



Figur 5.27 CO<sub>2</sub>-niveau i de enkelte rum for 2011.



Figur 5.28 Figur 5.29 Akkumuleret CO<sub>2</sub>-niveau for de enkelte rum for 2011.

Det fremgår af CO<sub>2</sub>-niveauet i de målte rum, at niveauet stiger en anelse i vinterperioden. Dette er som tidligere nævnt helt som forventeligt, da boligen i denne periode holdes mere tæt end om sommeren hvor døre og vinduer ofte er åbne. Der suppleres dermed i væsentlig grad med naturlig ventilation om sommeren. Desuden ses det, at ventilationen i værelset er utilstrækkelig, da CO<sub>2</sub>-niveauet næsten dagligt kommer op på 1500-2000 ppm over udeniveau. Fra november 2010 forøges ventilationen eller den interne belastning reduceres – resultatet er mindre overskridelser i 2011.

### 5.3.4 CO<sub>2</sub>-forskel imellem rum

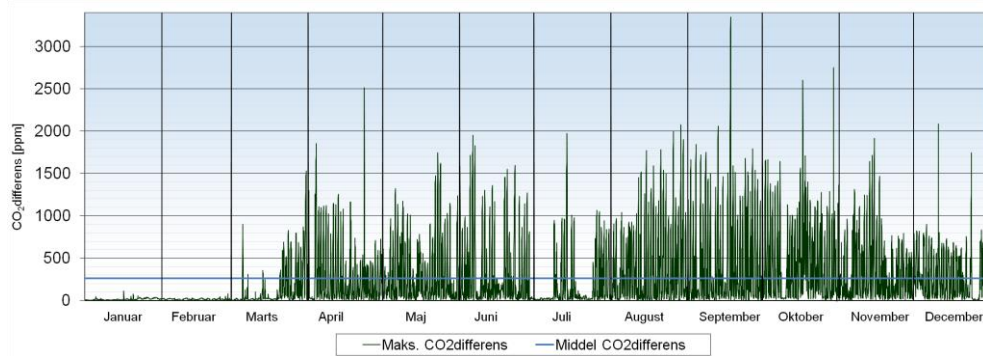
Det fremgår af forrige afsnit, at der er dårlig opblanding af luft i boligen, da niveauerne er meget forskellige. I det følgende vurderes forskellen i niveauerne.

2009



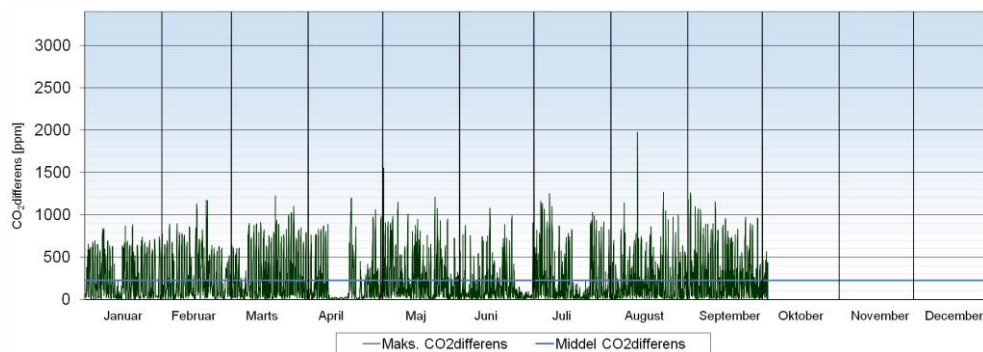
Figur 5.30 Maksimalt CO<sub>2</sub>-niveau forskel imellem rummene for 2009.

2010



Figur 5.31 Maksimalt CO<sub>2</sub>-niveau forskel imellem rummene for 2010.

2011



Figur 5.32 Maksimalt CO<sub>2</sub>-niveau forskel imellem rummene for 2011.

Forskellen i målte CO<sub>2</sub>-niveauer er stort set ens året rundt i 2011, hvorimod der er større afvigelser i 2010, hvor det høje CO<sub>2</sub>-niveau blev fundet i værelset.

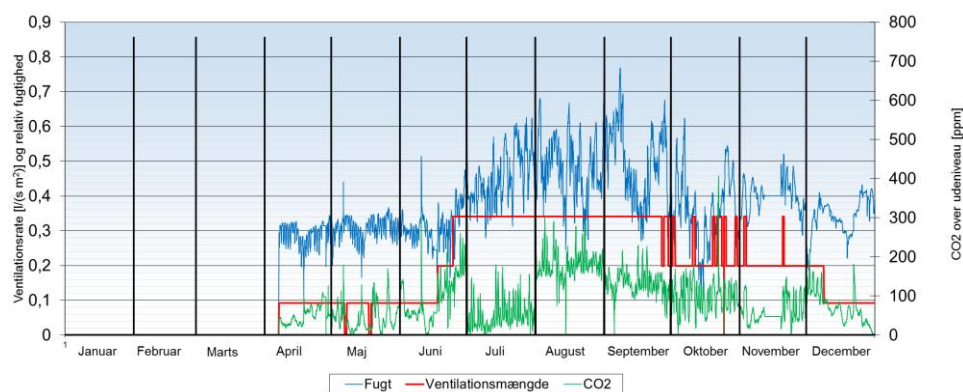
### 5.3.5 Behovstyret ventilation - vurdering af luftskifte i boligen

Der blev ved projektets start givet dispensation fra BR08 således, at der kunne køres med behovsstyret ventilation i samtlige Komforthuse. Husets luftskifte fremgår af nedenstående tabel. Celler markeret med gråt angiver beboelse i huset. Det fremgår her, at der året rundt køres med et lavt luftskifte, hvilket også kan forklare de høje CO<sub>2</sub>-niveau der er fundet i huset.

	j	f	m	a	m	j	j	a	s	o	n	d	Året
2009	-	-	-	0,092	0,086	0,167	0,341	0,341	0,331	0,231	0,207	0,120	0,213
2010	0,095	0,120	0,164	0,142	0,126	0,100	0,206	0,127	0,092	0,092	0,138	0,180	0,132
2011	0,200	0,200	0,199	0,200	0,198	0,200	0,199	0,200	0,207	-	-	-	0,200

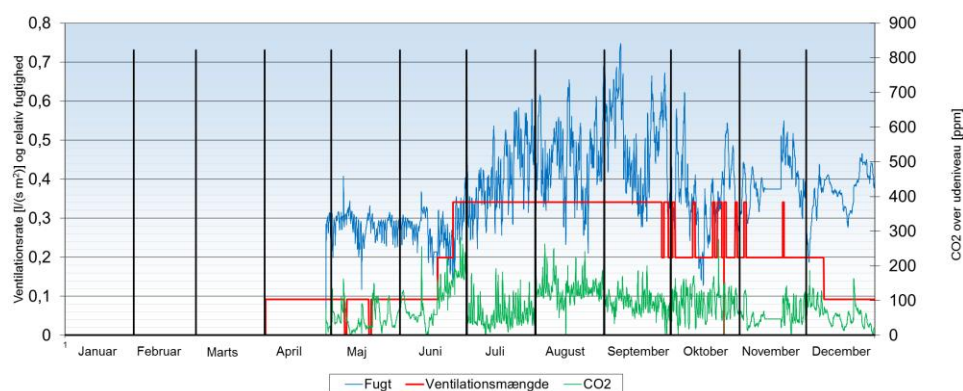
Tabel 5.17 Middel ventilationsmængde i l/(s m<sup>2</sup>)

### 2009 køkken/alrum



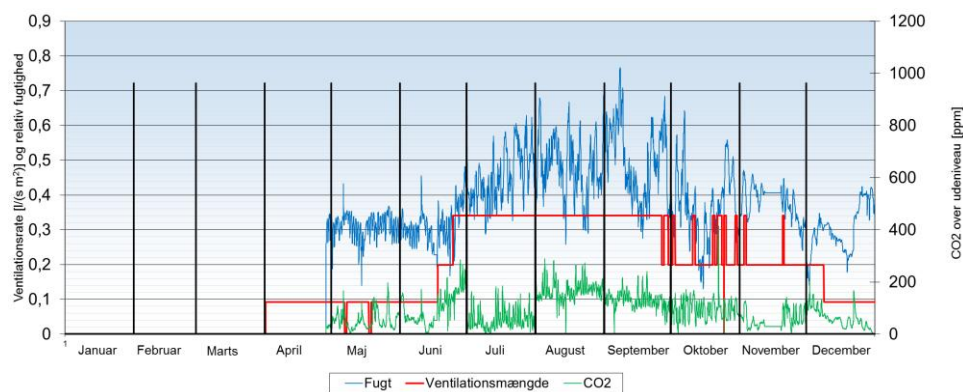
Figur 5.33: Ventilationsmængde, CO2 og fugt i køkken/alrum

### 2009 værelse



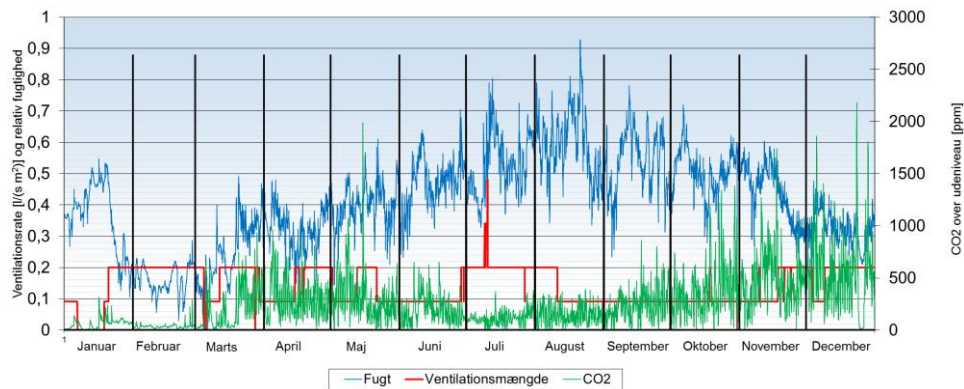
Figur 5.34: Ventilationsmængde, CO2 og fugt i værelse

### 2009 stue



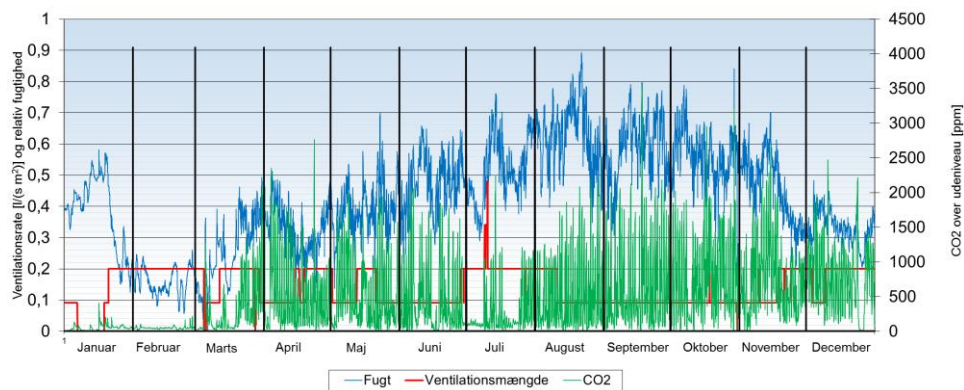
Figur 5.35: Ventilationsmængde, CO2 og fugt i stue

## 2010 køkken/alrum



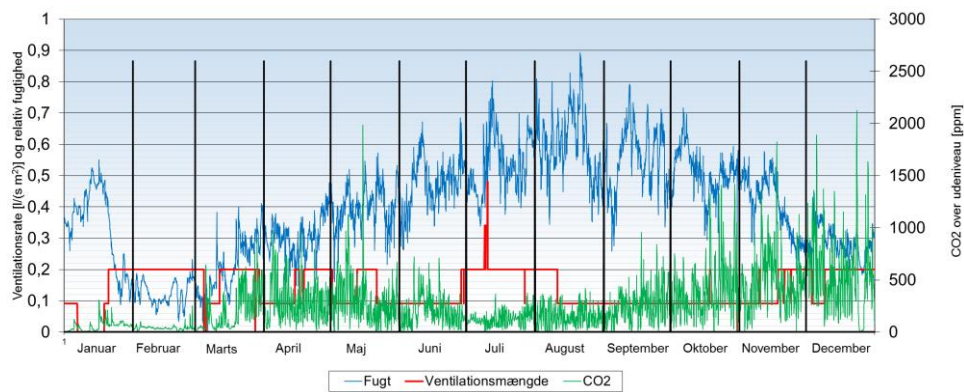
Figur 5.36: Ventilationsmængde, CO2 og fugt i køkken/alrum

## 2010 værelse



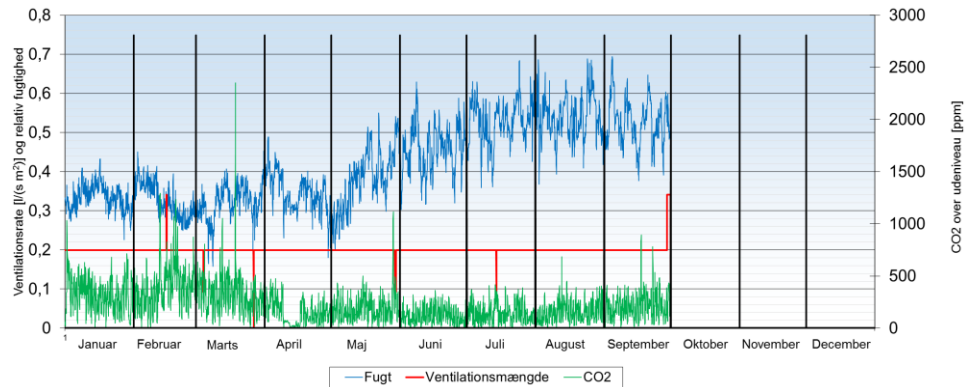
Figur 5.37: Ventilationsmængde, CO2 og fugt i værelse

## 2010 stue



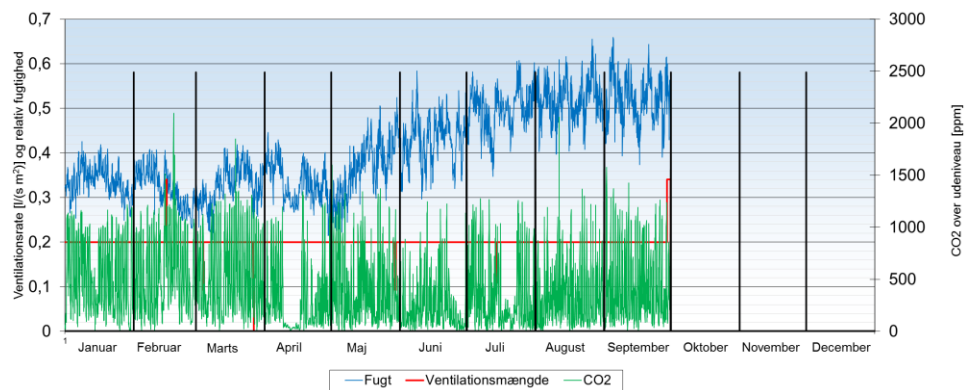
Figur 5.38: Ventilationsmængde, CO2 og fugt i stue

### 2011 køkken/alrum



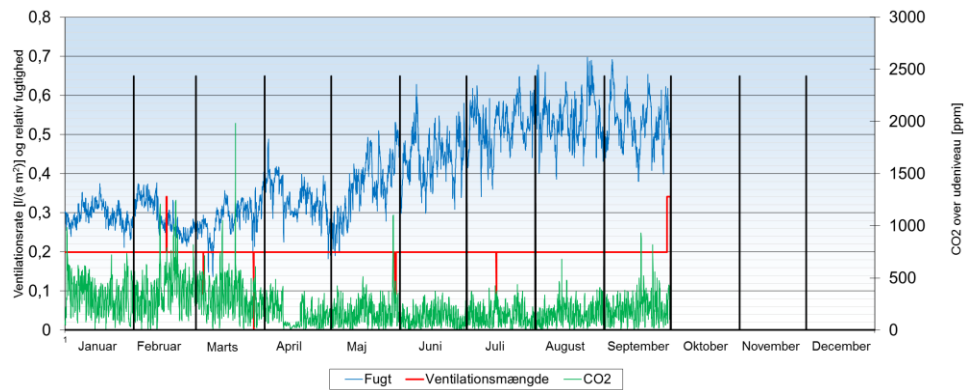
Figur 5.39: Ventilationsmængde, CO2 og fugt i køkken/alrum

### 2011 værelse



Figur 5.40: Ventilationsmængde, CO2 og fugt i værelse

### 2011 stue



Figur 5.41: Ventilationsmængde, CO2 og fugt i stue

## 5.4 Opsamling: Atmosfærisk indeklime – luftkvalitet

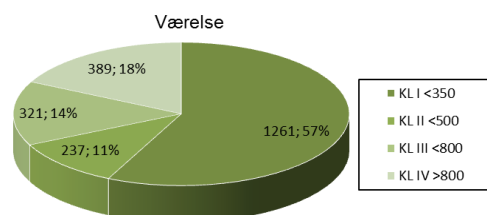
Ud fra analyserne i afsnit 5.3 samt resultaterne i "Bilag C – Atmosfærisk indeklime (luftkvalitet)" vil der i det følgende blive opsummeret på resultaterne for huset. Der er i analyserne brugt følgende opdeling af sæsoner:

- Forår: marts, april, maj
- Sommer: juni, juli og august
- Efterår: september, oktober, november
- Vinter: december, januar, februar (fra samme år!)



## 5.4.1 Beskrivelse af sæsonvariationer

### Forårssituation



Figur 5.42. Timefordeling i komfortklasser for forårssituation i værelse i 2011.

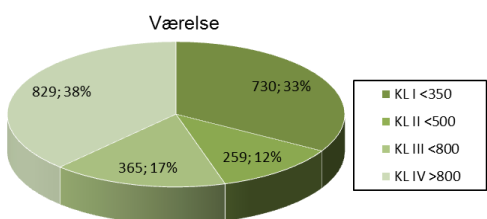
Da huset kun har været beboet tre forårsmåneder i træk i foråret 2011, ses der udelukkende på dette år. Der er i denne periode opnået kategori II i ca 95% af tiden i både køkken/alrum og stuen. I værelset på 1. sal mod nordvest opnås kat. II i 68% af tiden. I dette rum opnås desuden kat IV i 18% af tiden.

### Sommersituation

I sommerperioderne opnås kat. II i tæt på 100% af tiden i både køkken/alrum og stue. I værelset er der stadig problemer i sommerperioden hvor kat. II opnås 72% hhv 81% af tiden i 2010 og 2011.

### Efterårssituation

I efteråret 2010 nedjusteres luftmængden en anelse oftere end i 2011, hvilket også fremgår af de målte CO<sub>2</sub>-niveauer for 2010. Desuden er det væsentligt at huske, at efterår 2011 kun er baseret på september måned, hvor luftskiftet vil være højere end når oktober og november medregnes, som det er tilfældet i 2010. I denne periode er der kun opnået kat. II i 45% af tiden i værelset. Køkken/alrum og stue opnås kat. II i ca 75% af tiden i 2010.



Figur 5.43. Timefordeling i komfortklasser for efterårssituation i værelse i 2011.

### Vintersituation

I vinterperioden køres der med et højere mekanisk luftskifte som også resulterer i bedre resultater når CO<sub>2</sub>-niveauet vurderes. Her opnås kat. II i stue og køkken/alrum ca 80% af tiden. Der er også her problemer i værelset som opnår ca 50% af tiden i kat. II.

## 5.4.2 Overholdelse af krav/anbefalinger

I dette afsnit kontrolleres hvorledes resultaterne fundet i projektet afviger fra de opstillede krav og anbefalinger i afsnit 2.2.1.

### DS/EN 15251 kategori II

Det fremgår vurderingerne ift DS/EN15251, at afvigelserne er størst i vinterhalvåret, hvilket er helt som forventeligt, idet vinduer og døre er mere lukkede i denne periode end om sommeren, hvor de ofte er åbne, og dermed bidrager til at forøge luftskiftet i boligen.

Desuden ses det, at værelset, som er det rum med mindst volumen pr person, opnår store afvigelser fra kategori II en stor del af året. Desuden er det også værelset der ved en årsvurdering opnår det dårligste resultat med afvigelser fra kategori II i 31% af tiden i 2011.



#### 5.4.4 Ventilation

Ved vurdering af luftskiftet i boligen, og sammenholdning af dette med CO<sub>2</sub>-niveau i huset vurderes det, at luftskiftet i boligen bør forøges, da der året rundt er problemer i værelset.

#### 5.5 Atmosfærisk indeklima - fugt

I afsnit 2.2 er det beskrevet hvilke krav der er opsat for det atmosfæriske indeklima, herunder niveauet af den relative luftfugtighed (RF) i bygningen, som vurderes i dette afsnit.

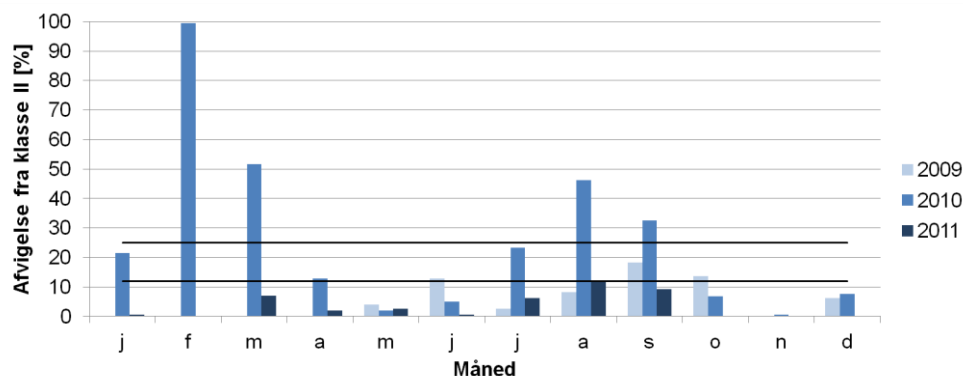
Det ønskes at overholde kategori II. Oversigt over, hvilke analyser der foretages for RF i bygningen findes i Tabel 2.6. I dette afsnit vil det blive belyst om disse krav er overholdt. Sammenfatning af resultaterne i dette afsnit foretages i afsnit 5.6.

##### 5.5.1 DS/EN 15251 – overholdelse af kategori II

I de følgende tabeller vises den procentvise andel af timer der ligger udenfor kategori II. Opgørelserne er foretaget på månedsbasis i Tabel 5.18 til Tabel 5.21. En årsopdelt opgørelse findes i Tabel 5.22. Sæsonopdelte værdier samt værdier for fordelingen mellem kategori I, II og III findes i "Bilag D – Atmosfærisk indeklima (fugt)".

	j	f	m	a	m	j	j	a	s	o	n	d
2009	-	-	-	-	4	13	3	8	18	14	0	6
2010	22	100	52	13	2	5	23	46	33	7	1	8
2011	1	0	7	2	3	1	6	12	9	-	-	-

Tabel 5.18: Afvigelser i procent fra kategori II for køkken/alrum.

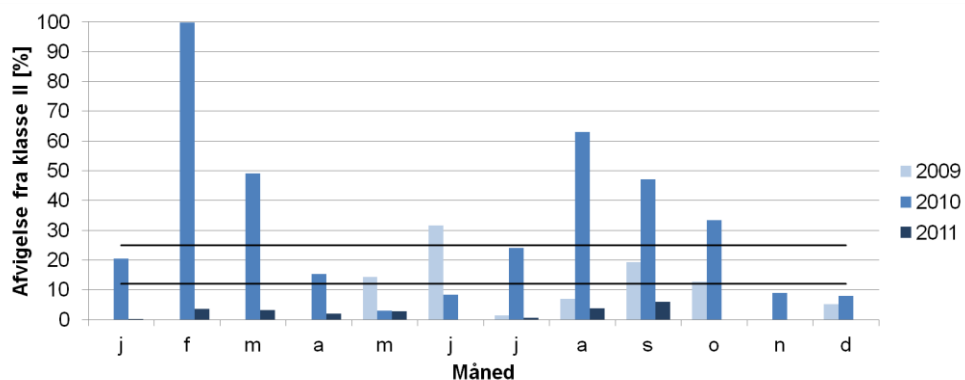


Figur 5.46: Grafisk illustration af afvigelser i procent fra kategori II for køkken/alrum.



	j	f	m	a	m	j	j	a	s	o	n	d
2009	-	-	-	-	14	32	1	7	19	13	0	5
2010	20	100	49	15	3	8	24	63	47	33	9	8
2011	0	4	3	2	3	0	1	4	6	-	-	-

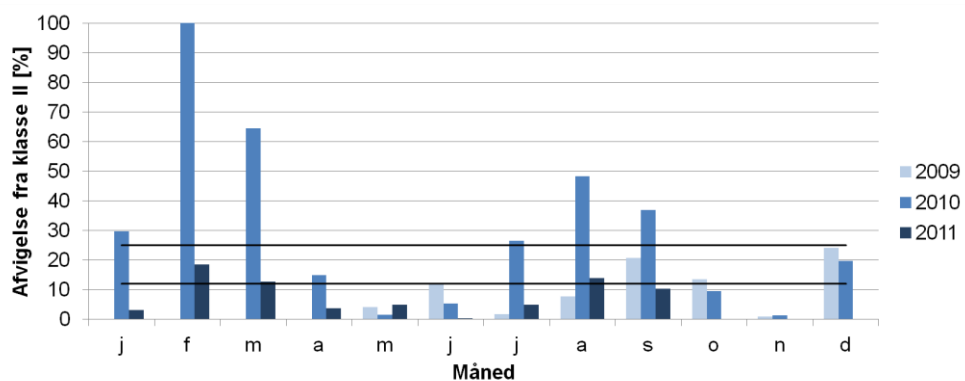
Tabel 5.19: Afvigelser i procent fra kategori II for værelse.



Figur 5.47: Grafisk illustration af afvigelser i procent fra kategori II for værelse.

	j	f	m	a	m	j	j	a	s	o	n	d
2009	-	-	-	-	4	12	2	8	21	13	1	24
2010	30	100	64	15	2	5	26	48	37	10	1	20
2011	3	19	13	4	5	0	5	14	10	-	-	-

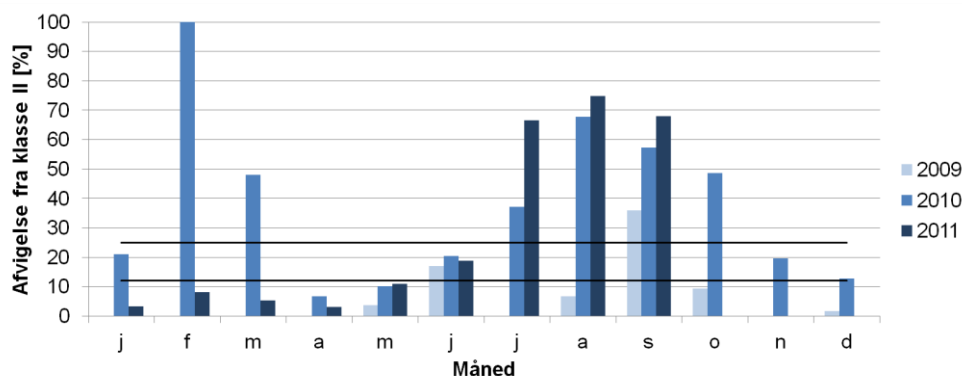
Tabel 5.20: Afvigelser i procent fra kategori II for stue.



Figur 5.48: Grafisk illustration af afvigelser i procent fra kategori II for stue.

	j	f	m	a	m	j	j	a	s	o	n	d
2009	-	-	-	-	4	17	0	7	36	9	0	2
2010	21	100	48	7	10	20	37	68	57	49	20	13
2011	3	8	5	3	11	19	67	75	68	-	-	-

Tabel 5.21: Afvigelser i procent fra kategori II for baderum.



Figur 5.49: Grafisk illustration af afvigelser i procent fra kategori II for baderum.

Kategori II overholdes det meste af året i den beboede periode, dog er der problemer i juli-september 2010 i hele huset. Desuden er perioden med afvigelser større i badeværelset, men dette kan forventes. Hvorvidt afvigelserne skyldes for høj eller lav RF fremgår ikke her, men vurderes målingerne af RF i afsnit 5.5.5 ses, at det skyldes for høj RF.

Ved vurdering af årsoversigten ses også, at der i 2011 opnås gode resultater og kun badeværelset overskrider kategori II i væsentlig grad.

	2009	2010	2011
Køkken/alrum	9	25	3
Værelse	11	31	2
Stue	11	29	6
Baderum	9	37	47

Tabel 5.22: Samlet årsoversigt over afvigelser fra kategori II for alle rum.

### 5.5.2 Perioder med RF<45%

For at sikre anbefalingen om mindst en måned med RF<45% i løbet af årets foretages en dynamisk vurdering af måleresultaterne. Resultatet fremgår af Tabel 5.23.

		Antal perioder
Køkken/ alrum	2009	2
	2010	5
	2011	3
Værelse	2009	2
	2010	2
	2011	2
Stue	2009	2
	2010	2
	2011	2
Baderum	2009	2
	2010	2
	2011	1

Tabel 5.23: Antal sammenhængende perioder >1 måned, hvor den relative fugtighed er under 45 %.

Det fremgår af ovenstående tabel, at der alle år i alle rum er mindst 1 måned med RF < 45%.

### 5.5.3 Tid med RF>75%

For at sikre anbefalingen om maksimalt 1% af tiden med RF>75% i løbet af årets foretages en dynamisk vurdering af måleresultaterne. Resultatet fremgår af Tabel 5.24 på månedsbasis og i Tabel 5.25 på årsbasis.

		j	f	m	a	m	j	j	a	s	o	n	d
2009	Køkken/ alrum	-	-	-		0	0	0	0	1	0	0	0
	Værelse	-	-	-		0	0	0	0	2	0	0	0
	Stue	-	-	-		0	0	0	0	2	0	0	0
2010	Køkken/ alrum	0	0	0	0	0	0	1	6	1	0	0	0
	Værelse	0	0	0	0	0	0	1	7	1	0	0	0
	Stue	0	0	0	1	2	3	7	24	12	5	1	0
2011	Køkken/ alrum	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-	-	-
	Værelse	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-	-	-
	Stue	0	0	0	0	1	2	9	14	11	-	-	-

Tabel 5.24: Procentdel med relativ fugtighed over 75 %.

		$\phi > 75\%$
Køkken/ alrum	2009	0
	2010	1
	2011	0
Værelse	2009	0
	2010	1
	2011	0
Stue	2009	0
	2010	1
	2011	0
Baderum	2009	0
	2010	5
	2011	3

Tabel 5.25: Årsværdier for andel af relativ fugtighed som er over 75 %.

Af ovenstående tabel fremgår det, at baderum overskrider de anbefalede 1% af tiden med  $RF > 75\%$ . De øvrige rum har ikke nævneværdige problemer.

#### 5.5.4 Sammenhængende perioder med overskridelse af kategori II

I det følgende vurderes hvor mange sammenhængende 24 timers perioder der er, hvor værdierne er udenfor kategori II. Vurderingen foretages på månedsbasis i Tabel 5.26 og på årsbasis i Tabel 5.27.

		j	f	m	a	m	j	j	a	s	o	n	d
2009	Køkken/ alrum	-	-	-	0	0	1	0	0	2	1	0	1
	Værelse	-	-	-	0	0	2	0	1	1	1	0	1
	Stue	-	-	-	0	0	1	0	0	2	1	0	2
	Baderum	-	-	-	0	0	1	0	1	3	1	0	0
2010	Køkken/ alrum	1	1	1	0	0	1	0	0	2	1	0	1
	Værelse	1	1	3	0	0	1	3	6	5	1	0	1
	Stue	1	0	2	1	0	0	3	6	5	2	0	1
	Baderum	1	0	3	0	0	1	2	7	5	4	1	1
2011	Køkken/ alrum	1	1	1	0	0	1	0	0	2	-	-	-
	Værelse	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-	-	-
	Stue	0	1	1	0	0	0	0	1	1	-	-	-
	Baderum	0	0	0	0	0	0	5	6	7	-	-	-

Tabel 5.26: Antal sammenhængende perioder >24 timer hvor klasse II ikke er overholdt.

		Klasse II
Køkken/ alrum	2009	5
	2010	17
	2011	2
Værelse	2009	6
	2010	23
	2011	0
Stue	2009	6
	2010	22
	2011	4
Baderum	2009	6
	2010	27
	2011	20

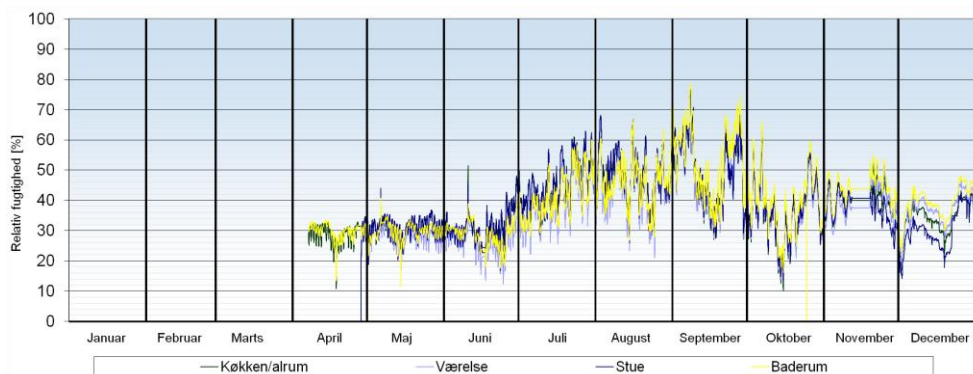
Tabel 5.27: Antal sammenhængende perioder >24 timer hvor klasse II ikke er overholdt på årsbasis.

Af ovenstående tabel fremgår det, at der findes adskillige perioder med overskridelser af kat. II når RF vurderes. Det største antal findes i badeværelse samt værelse på 1. sal, men stuen følger tæt efter med næsten samme afvigelser som værelset.

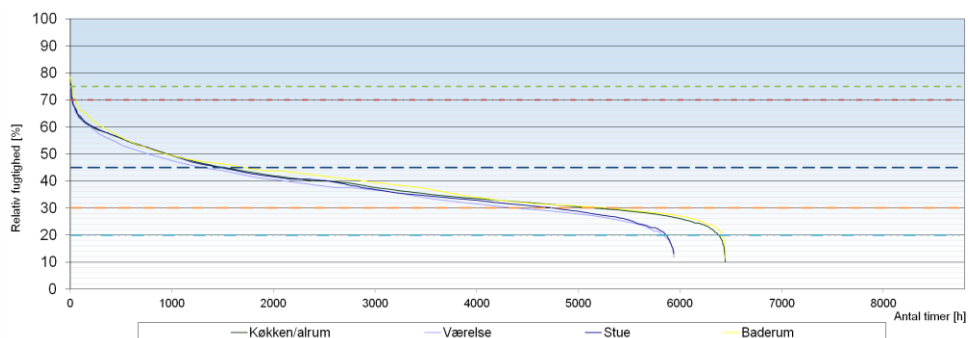
### 5.5.5 Fugtmålinger foretaget gennem hele året

Følgende afsnit viser målepunkterne for relativ luftfugtighed placeret rundt i huset.

#### 2009

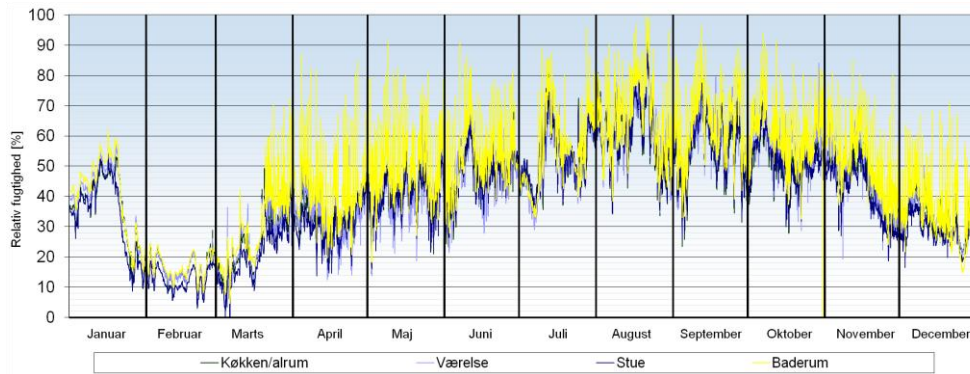


Figur 5.50 Relativ luftfugtighed i de enkelte rum for 2009.

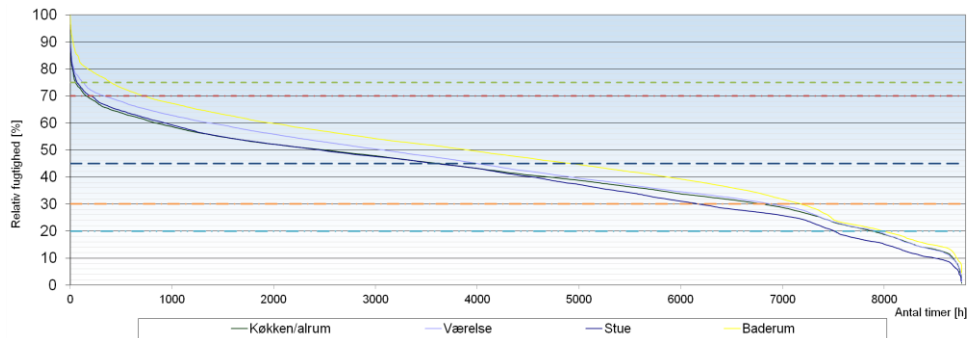


Figur 5.51 Akkumuleret relativ luftfugtighed for de enkelte rum for 2009.

2010

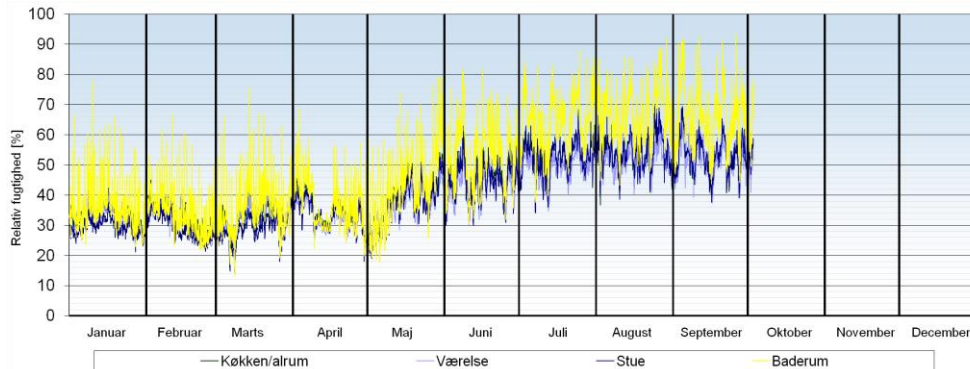


Figur 5.52 Relativ luftfugtighed i de enkelte rum for 2010.

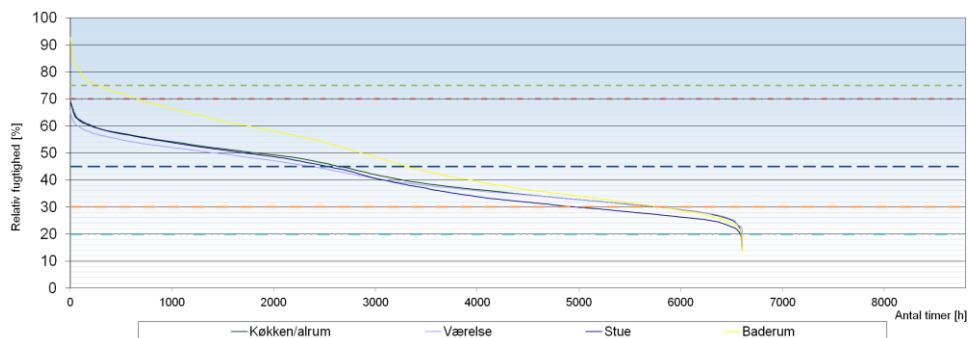


Figur 5.53 Akkumuleret relativ luftfugtighed for de enkelte rum for 2010.

2011



Figur 5.54 Relativ luftfugtighed i de enkelte rum for 2011.



Figur 5.55 Akkumuleret relativ luftfugtighed for de enkelte rum for 2011.

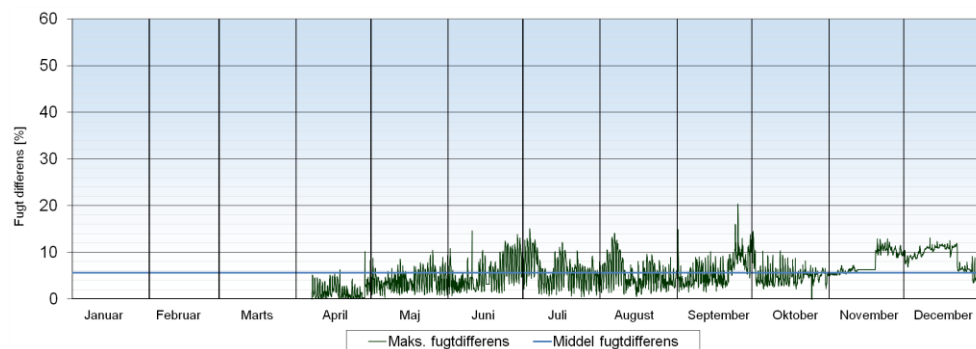
Det fremgår af figurene, at der er et stort spænd i målte værdier i løbet af året. Det er typisk badeværelset der har den højeste RF, men også værelset har høje værdier og en stor variation i værdierne. Der er i

modsatning til flere af de øvrige huse ikke væsentlige problemer med tør luft i vinterperioden.

### 5.5.6 Relativ luftfugtighedsforskel imellem rum

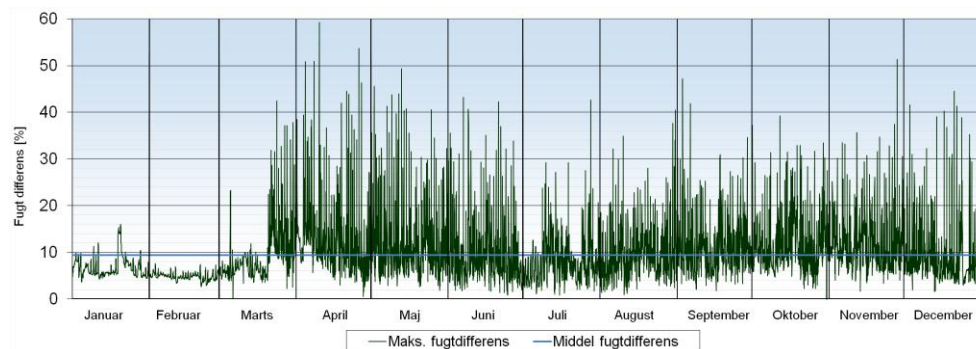
Følgende grafer viser forskellen i RF mellem rummet med den højeste og laveste værdi.

2009



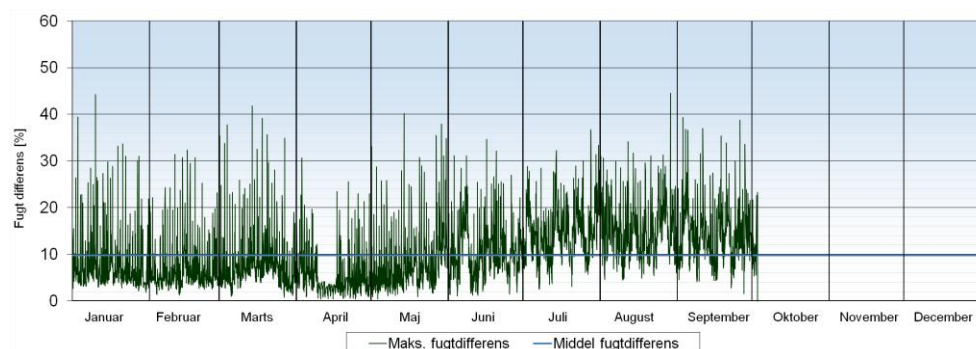
Figur 5.56 Maksimalt relativ luftfugtighedsforskel imellem rummene for 2009.

2010



Figur 5.57 Maksimalt relativ luftfugtighedsforskel imellem rummene for 2010.

2011



Figur 5.58 Maksimalt relativ luftfugtighedsforskel imellem rummene for 2011.

Det fremgår af ovenstående figurer, at bundlinjen for forskellen er næsten konstant. De store afvigelser der fremgår som korte lodrette linier opstår når der bades.

## 5.6 Opsamling: Atmosfærisk indeklima – fugt

Ud fra analyserne i afsnit 5.5 samt resultaterne i "Bilag D – Atmosfærisk indeklima (fugt)" vil der i det følgende blive opsummeret på resultaterne for huset. Der er i analyserne brugt følgende opdeling af sæsoner:

- Forår: marts, april, maj
- Sommer: juni, juli og august
- Efterår: september, oktober, november
- Vinter: december, januar, februar (fra samme år!)

### 5.6.1 Beskrivelse af sæsonvariationer

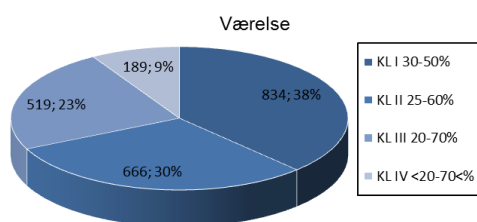
#### Forårssituation

Kategori II opnås ca 80-90% af tiden i alle rum.

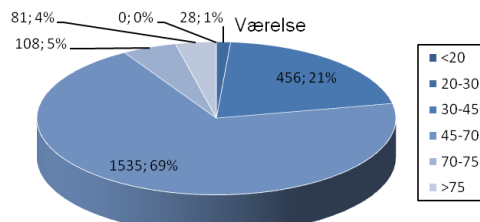
#### Sommersituation

Der er stor forskel på resultaterne i sommeren 2010 og 2011. I 2010 opnås kat. II i ca. 75% i alle rum, men i 2011 opnås kat. II ca 90% af tiden i stue, værelse og køkken/alrum. I badeværelset opnås kat II i 46% af tiden.

Figur 5.59 og Figur 5.60 viser målinger fra værelset i sommeren 2010. Her fremgår det, at der er stor del af tiden er RF>60%.



Figur 5.59: Timefordeling i komfortklasser for sommersituation i værelse i 2010.



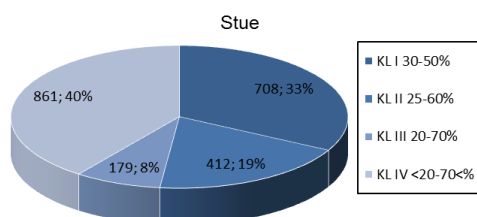
Figur 5.60: Fordeling for målt RF for sommersituation i værelse i 2010.

#### Efterårssituation

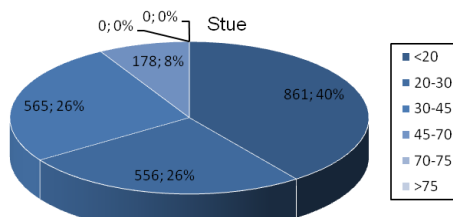
I efterårssæsonen er der kun mindre problemer med RF i huset. Her opnås kat. II i ca. 75-90% af tiden. Dog mindre i badeværelset.

#### Vintersituation

I vinterperioden ses det hvorledes at luften i huset tørrer ud og den relative luftfugtighed falder. I denne periode opleves meget lave værdier af RF. Især vinteren for 2010 er meget tør, men denne vinter var også koldere end sædvanligt. I denne vinter opnås kat. II ca 50-60% af tiden. Fordelingen målt i stuen er vist i nedenstående figur. I vinteren 2011 opnås 90% i samme rum.



Figur 5.61: Timefordeling i komfortklasser for vintersituation i stue i 2010.



Figur 5.62: Fordeling for målt RF for vintersituation i stue i 2010.



### 5.6.2 Overholdelse af krav/anbefalinger

I dette afsnit kontrolleres hvorledes resultaterne fundet i projektet afviger fra de opstillede krav og anbefalinger i afsnit 2.2.2.

#### DS/EN 15251 – overholdelse af kategori II

Kategori II overholdes det meste af året i den beboede periode, dog er der problemer i juli-september 2010 i hele huset. Desuden er perioden med afvigelser større i badeværelset, men dette kan forventes. Afvigelserne skyldes i efterårsperioden for høj RF.

Ved vurdering af årsoversigten ses, at der i 2011 opnås gode resultater og kun badeværelset overskrider kategori II i væsentlig grad.

#### Perioder med $RF < 45\%$

Der opnås i alle år i alle rum mindst 1 måned med  $RF < 45\%$ .

#### Tid med $RF > 75\%$

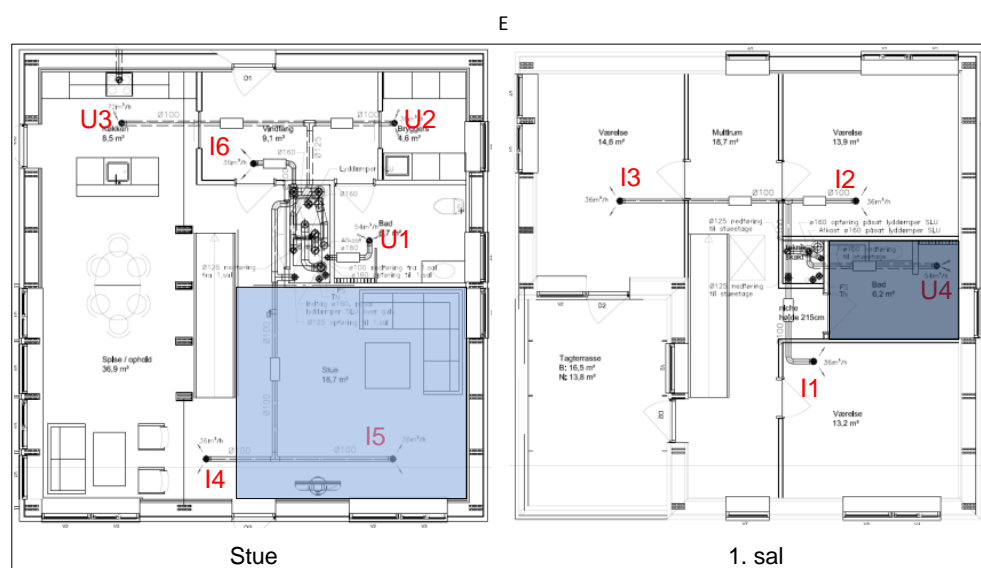
Baderum overskrider de anbefalede 1% af tiden med  $RF > 75\%$ . De øvrige rum har ikke problemer.

#### Sammenhængende perioder med overskridelse af kategori II

Der findes adskillige sammenhængende perioder på 24 timer med overskridelser af kat. II når RF vurderes. Det største antal findes i badeværelse samt værelse på 1. sal, men stuen følger tæt efter med næsten samme afvigelser som værelset.

### 5.6.3 Kritiske rum

Ved vurdering af de kritiske rum i boligen når RF vurderes findes det, at hhv badeværelse og værelse på 1. sal er de mest kritiske rum med høje værdier for RF en stor del af året. Køkken/alrum og stue er de rum, hvor de laveste værdier findes.

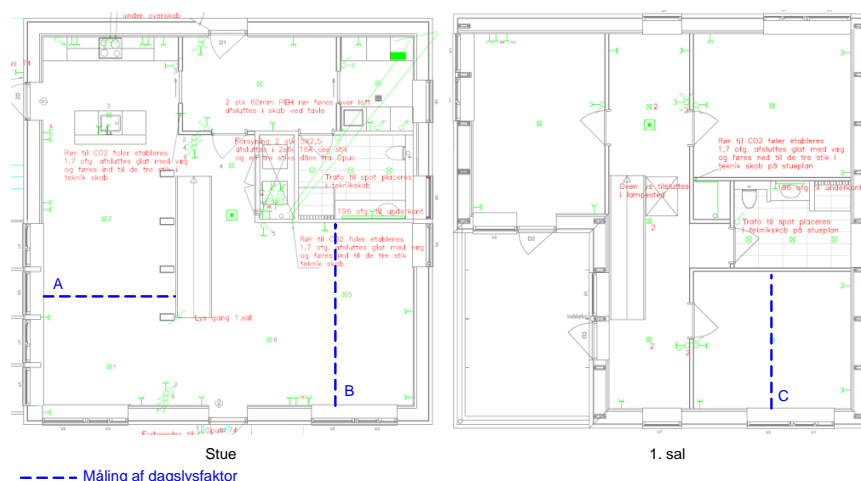


5.63 De kritiske rum, lys farve markerer rummet med den laveste relativ luftfugtighed og mørk farve markerer rummet med den højeste relativ luftfugtighed for 2010 og 2011.

## 5.7 Dagslysf forhold

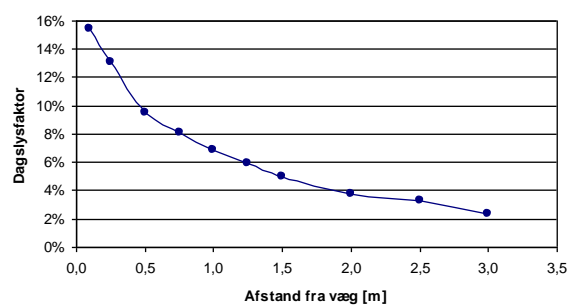
Registrering af dagslysfaktorer i huset blev foretaget 21. januar 2009. Målingerne følger beskrivelsen i rapporten "Komforthusene - Målinger og analyse af indeklima og energiforbrug i 8 passivhuse 2008-2011"..

Ved målingerne blev der målt dagslysfaktorer tre forskellige steder i huset. Positionen af målingerne ses i Figur 5.64.

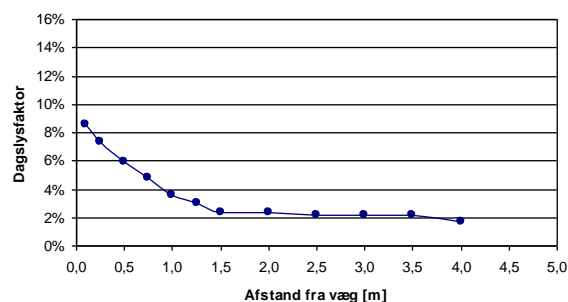


Figur 5.64. Positioner for måling af dagslysfaktorer ind gennem stuen.

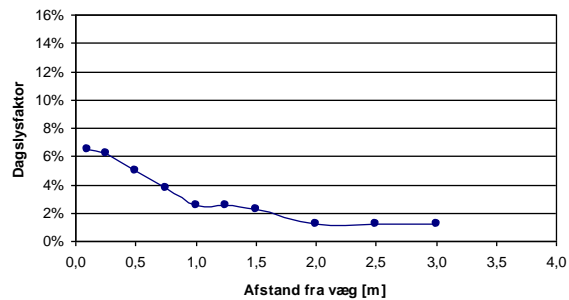
Resultaterne for målinger ses i Figur 5.65 til Figur 5.67.



Figur 5.65. Dagslysfaktor for position A i alrum.

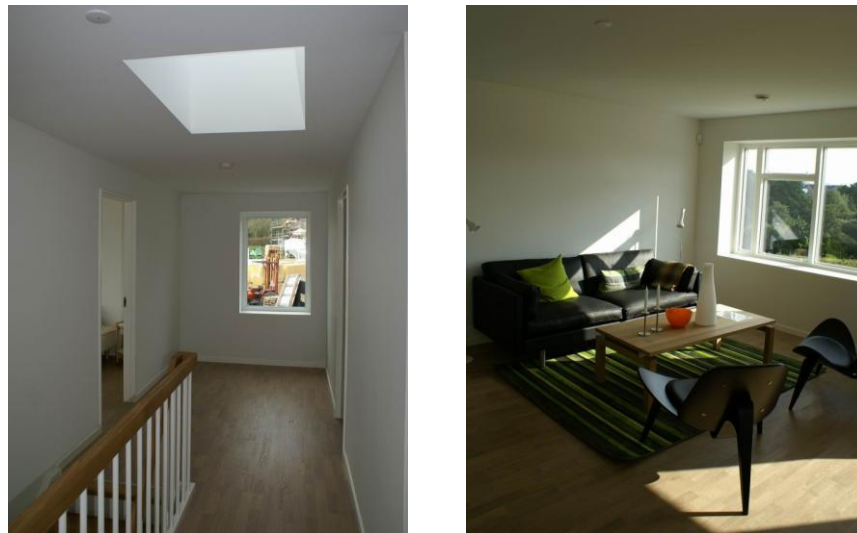


Figur 5.66. Dagslysfaktor for position B i stue.



Figur 5.67. Dagslysfaktor for position C i værelse, 1. sal.

Ved vurdering af dagslysfaktorerne målt i alrum og stue ses det, at der her er tilstrækkeligt med dagslys i rummet helt ind til bagvæggen. Desuden er alrummet rigtigt godt belyst. Her kommer der lys fra flere sider samtidigt med, at ovenlyset placeret over trappen (jf.Figur 5.68) også kan bidrage med dagslys i rummet.



Figur 5.68: Ovenlys over trappen (tv), direkte solindfald i stuen (th)

I stuen er der også lys fra flere sider, som medvirker til gode dagslysforhold her. Dette ses illustreret via fotoet fra stuen, som viser direkte lysindfald på gulvet.

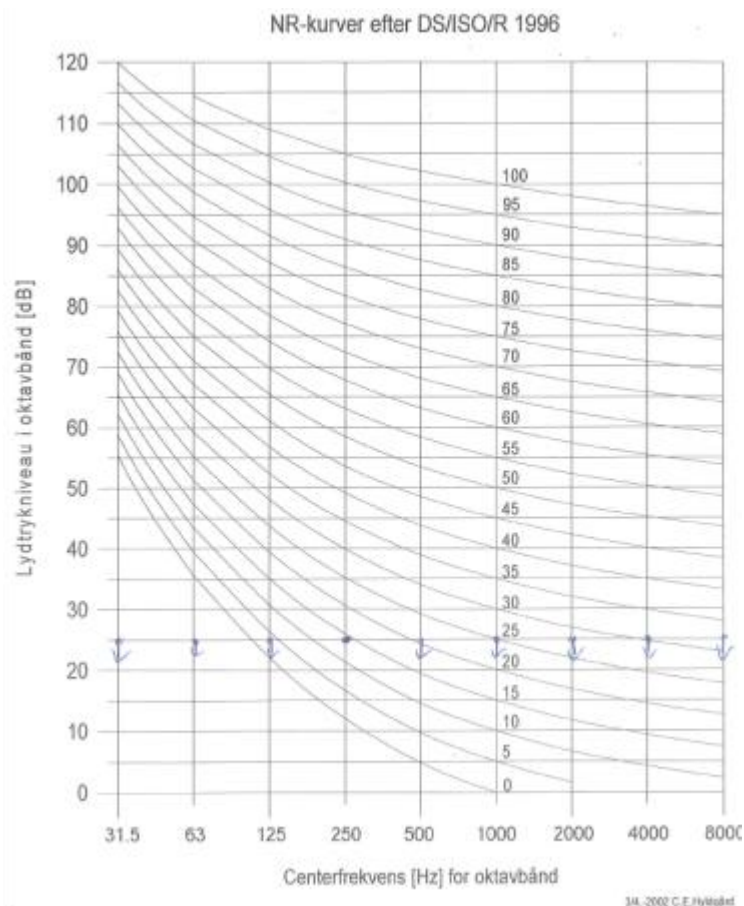
Målingerne foretaget i position C (værelset på 1. sal) viser, at der i dette rum ikke er opnået en dagslysfaktor på 2% hele vejen til bagvæg i rummet, men kun til midten af rummet.

## 5.8 Akustisk indeklime

Måling af støj og efterklangstider i huset blev foretaget 21. januar 2009. Målingerne følger beskrivelsen i rapporten "Komforthusene - Målinger og analyse af indeklime og energiforbrug i 8 passivhuse 2008-2011".

### 5.8.1 Støj fra tekniske installationer

Støjmålingerne er gennemført i stuen. Resultatet af støjmålingerne er indtastet i NR-diagrammet i Figur 5.69.



Figur 5.69. Målinger af støj fra tekniske installationer.

Som det ses af måleresultaterne i Figur 5.69 er alle målingerne under eller lig med 25 dB, som er kravet til lydklasse B. Herved er lydklasse B opnået. Den præcise værdi er ikke angivet, da måleinstrumentet ikke kan registrere længere ned end 25 dB.

### 5.8.2 Efterklangstid

Målingerne af efterklangstider er målt i stuen (i tomt rum). Resultatet af målingerne af efterklangstid ses i Tabel 5.28.

Oktavniveau	125	250	500	1000	2000	4000	8000
Efterklangstid [s]	1,0	1,1	1,3	2,0	1,8	1,6	1,0

Tabel 5.28. Måling af efterklangstider ved forskellige frekvenser.

Som det ses af målingerne på efterklangstider, er kravet til dette ikke umiddelbart overholdt for alle oktavniveauer. Da efterklangstid skal måles i et møbleret rum, vil dette dog kunne ændre sig ved gentagelse af målingerne efter møblering.



## 6. Energiforbrug

I dette kapitel vurderes husets energiforbrug. Da huset ikke har været beboet et sammenhængende år med brugbare data, er det valgt at generere et kunstigt år. Året er sammensat af forskellige måneder udplukket i løbet af måleperioden. Der genereres for de samme måneder et kunstigt år med vejrdato til PHPP, som indsættes i huset PHPP beregning, hvorved der opnås mulighed for at sammenligne de målte og de beregnede værdier for hhv energiforbrug og overtemperatur-vurdering. Vejrdatasæt brugt i PHPP forefindes i "Bilag E – Vejrdatasæt brugt i PHPP".

Vurderingerne for energiforbrug er foretaget ud fra det kunstige år vist i Tabel 6.1.

jan-11	feb-11	mar-11	apr-11	maj-11	jun-11	jul-11	aug-11	sep-11	okt-11	nov-10	dec-10
--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------

Tabel 6.1: Måneder brugt til analyse af husets energiforbrug.

### 6.1 Husets samlede energiforbrug til rumvarme og varmt brugsvand

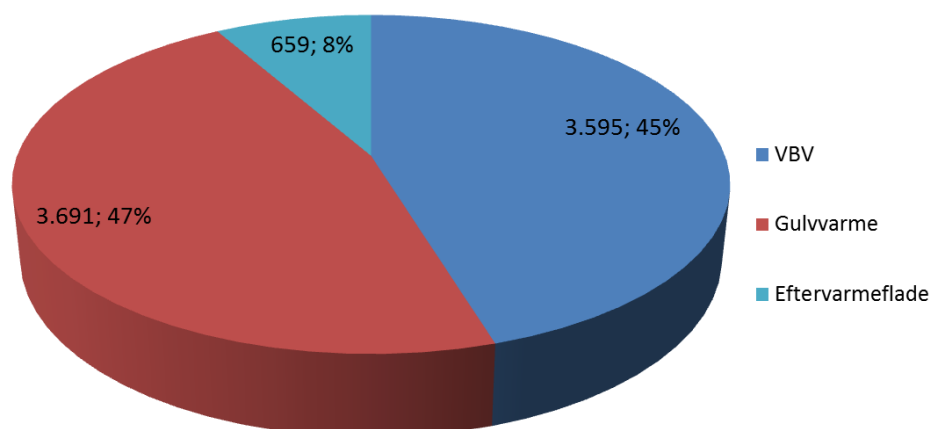
Tabel 6.2 viser husets samlede forbrug til rumvarme og varmt brugsvand fundet for månederne i det kunstige år. Da data for gulvvarmen i januar, februar, november og december mangler, er disse måneder estimeret ud fra målingen i marts. De manglende måneder er beregnet således, at forholdet mellem de samme måneder og marts i PHPP (baseret på vejrdato i det kunstige år), er multipliceret med måledata fra marts.

	j	f	m	a	m	j	j	a	s	o	n	d	År
VBV	393	364	408	241	305	214	209	240	268	266	306	381	3.595
Gulvvarme	973*	609*	235	77	78	75	54	43	38	77	487*	945*	3.691
Eftervarmefflade	156	139	71	56	2	1	3	2	3	43	45	139	659
Total rumopv.	1.128	748	306	133	80	76	57	45	41	120	532	1.084	4.350

\*Beregnet som marts måned målt x (aktuel måned PHPP/marts PHPP)

Tabel 6.2: Målte energiforbrug i Stenagervænget 49. Alle værdier er opgivet i kWh.

Fordelingen mellem de forskellige forbrug fremgår desuden af Figur 6.1.



Figur 6.1. Fordeling af energiforbrug.

### 6.2 Energiforbrug til rumopvarmning

Ud fra forrige afsnit kan energiforbruget til rumvarme bestemmes. Det er dette forbrug der i afsnit 6.4 skal vurderes i forhold til passivhuskriterierne. Det er væsentligt at huske, at de målte data ikke er vejrdato-korrigerede. En

direkte sammenligning kan derfor ikke foretages. Der skal, forinden dette foretages, laves en PHPP-beregning med de målte vejrdato svarende til det kunstige år. Dette sker ligeledes i afsnit 6.4. Tabel 6.3 viser forbruget over året samt det samlede forbrug til rumopvarmning.

Måned	j	f	m	a	m	j	j	a	s	o	n	d	År
Forbrug [kWh]	1128	748	306	133	80	76	57	45	41	120	532	1084	4350
Forbrug [kWh/m <sup>2</sup> ]	7,3	4,9	2,0	0,9	0,5	0,5	0,4	0,3	0,3	0,8	3,5	7,0	28,3

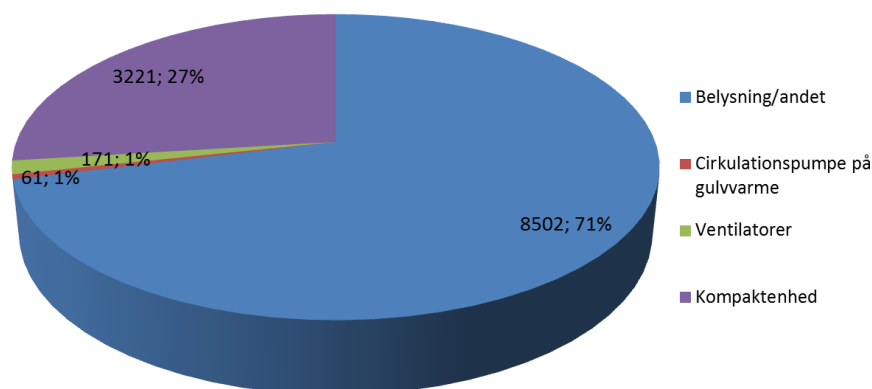
Tabel 6.3: Målt forbrug til rumopvarmning. Antagelse vedr gulvvarme jf. Tabel 6.2.

### 6.3 Energiforbrug til el

Tabel 6.4 viser husets samlede forbrug til el genereret ud fra det kunstige år. Fordelingen mellem de forskellige forbrug fremgår desuden af Figur 6.2. Det er dette forbrug, der i afsnit 6.4 skal vurderes i forhold til passivhuskriterierne. Det totale el-forbrug vægtes med en primær energifaktor på 2,7 svarende til værdien brugt i PHPP.

Forbrug\ Måned	j	f	m	a	m	j	j	a	s	o	n	d	År
Belysning/andet	1257	1101	839	375	435	342	416	438	497	479	860	1462	8502
Cirk. pumpe gulvvarme	6	6	7	4	4	1	4	2	6	7	3	11	61
ventilatorer	15	13	15	15	15	15	15	15	17	16	9	13	171
Kompaktenhed	384	348	367	265	251	179	162	155	180	189	382	359	3221
Total el forbrug	1661	1468	1229	659	706	537	597	610	700	690	1254	1845	11955
Total el forbrug [kWh/m <sup>2</sup> ]	11	10	8	4	5	3	4	4	5	4	8	12	78

Tabel 6.4: Målte elforbrug i Stenagervænget 47. Alle værdier er opgivet i kWh.



Figur 6.2: Fordeling af elforbrug.

Som nævnt i afsnit 3.3 om problemer i huset var det forventet, at huset ville bruge meget el pga fejl i anlægget. Det ekstra el registreres ikke direkte i målepunkterne til måleprogrammet, og går derfor under "andet el-forbrug"

### 6.4 Overholdelse af passivhus-kriterierne

For at kontrollere, om huset overholder passivhus-kriterierne vil de målte data fra det kunstige år i det følgende blive sammenlignet med et beregnet forbrug. Det beregnede forbrug er fundet ud fra de aktuelle målte vejrdato i perioden, som er indsat i PHPP. Heraf fås nye og mere reelle værdier til sammenligning. Værdierne svarer til de 15 kWh/m<sup>2</sup> pr år til rumvarme og 120 kWh/m<sup>2</sup> pr år i primær energi i standardåret, der normalt benyttes i

PHPP. Passivhus-kriterierne ses i Tabel 2.7. De beregnede og målte værdier findes i Tabel 6.5.

		Forventet energiforbrug beregnet i PHPP for standard vejrdato	Forventet energiforbrug beregnet i PHPP med kunstigt år	Målte værdier fra kunstigt år
<b>Varmebehov</b>	[kWh/m <sup>2</sup> pr år]	15	20	28,3
<b>Primært Energibehov</b>	[kWh/m <sup>2</sup> pr år]	114	-	211

Tabel 6.5: Kontrol af passivhuskriterierne for rumvarmebehov samt primært energiforbrug.

Det fremgår af ovenstående tabel, at passivhuskriteriet ikke umiddelbart er overholdt i huset. Dog er kriteriet fastlagt ud fra en række forudsætninger hvoraf en af forudsætningerne hedder en rumtemperatur på 20°C. I stenagervænget 49 har rumtemperaturen i opvarmningssæsonen langt fra været 20°C. Dette fremgår af Tabel 6.6.

	j	f	m	a	m	j	j	a	s	o	n	d
Køkken/alrum	21,7	21,7	22,7	22,9	22,9	23,6	23,4	23,6	22,8	23,4	22,2	21,2
Værelse	22,1	21,8	22,4	23,5	23,7	24,6	24,3	24,3	23,2	24,3	21,4	21,0
Stue	23,0	22,9	23,6	22,9	23,1	23,8	23,4	23,4	22,6	23,1	22,7	22,6
Baderum	22,7	22,5	22,7	23,3	23,4	24,3	23,6	23,8	22,9	24,0	21,7	22,1

Tabel 6.6: Gennemsnitstemperaturer for månederne i det kunstige år.

Ud fra temperaturerne i Tabel 6.6 beregnes en middeltemperatur for opvarmningssæsonen til 23,0°C, hvilket ligger et stykke fra de forudsatte 20°C i PHPP-beregningen. Gentages beregningen med 23,0°C i stedet for 20°C findes frem til resultatet i Tabel 6.7.

	Forventet energiforbrug beregnet i PHPP for standard vejrdato	Forventet energiforbrug beregnet i PHPP med kunstigt år	Forventet energiforbrug beregnet i PHPP med kunstigt år + rumtemp. på 23,0°C	Målte værdier fra kunstigt år
<b>Varmebehov</b> [kWh/m <sup>2</sup> pr år]	15	23	29	28,3
<b>Primært Energibehov</b> [kWh/m <sup>2</sup> pr år]	114	-	-	211

Tabel 6.7: Kontrol af passivhuskriterierne for rumvarmebehov samt primært energiforbrug.

Efter sidstnævnte korrektion ses at de målte og beregnede værdier for rumvarmebehov stemmer godt overens. Afvigelsen fra PHPP-beregningen af det forventede energiforbrug skyldes dermed i høj grad brugeradfærden og den forhøjede rumtemperatur, som dermed har stor betydning for husets energiforbrug.

Ved vurdering af det primære energibehov er det målte forbrug væsentligt større end det beregnede. Dette skyldes fejlen nævnt ovenfor.



Det tredje passivhus kriterium er kravet til tæthed. Ved opførelse og dimensionering af passivhuse, bliver der i høj grad lagt fokus på såvel varmetab igennem konstruktionen som tætheden af klimaskærmen. Tætheden af boligen er kontrolleret ved blowerdoor test af hvert konsortium. Resultatet af blowerdoor testen kan ses i Tabel 6.8 sammen med Passivhuskriterierne og kravet fra bygningsreglementet 2008.

Lufttæthed		Krav	Målt værdi
<b>PHI</b>	$[h^{-1}]$ v. $\Delta P = 50 \text{ Pa}$	0,6	0,30
<b>BR08</b>	$[l/s \text{ pr } m^2]$ v. $\Delta P = 50 \text{ Pa}$	1,5	0,16

Tabel 6.8. Blowerdoor testresultat og krav fra PHI samt bygningsreglementet 2008.

Det kan ses fra blowerdoor-testresultatet at passivhus kriteriet på  $0,60 \text{ h}^{-1}$  er overholdt. Kravet til passivhuse er højere end kravet fra bygningsreglementet 2008, som i dette tilfælde er næsten 10 gange større end den målte infiltration.

### 6.5 Overholdelse af passivhus-anbefaling om maks 10% overtemperatur

Det anbefales af PHI at der maks. 10% af tiden er temperaturer over  $25^{\circ}\text{C}$ . Ved brug af vejrdatasættet for det kunstige år, kan dette tal også beregnes i PHPP for det kunstige år og dermed direkte sammenlignes med målingerne. Denne sammenligning er foretaget i Tabel 6.9.

	Forventet tid med overtemperatur beregnet i PHPP for standard vejrdato	Forventet tid med overtemperatur beregnet med kunstigt år	Målt ud fra værdier i kunstigt år (middel for alle rum)
<b>Overtemperatur [%]</b>	1	0	6

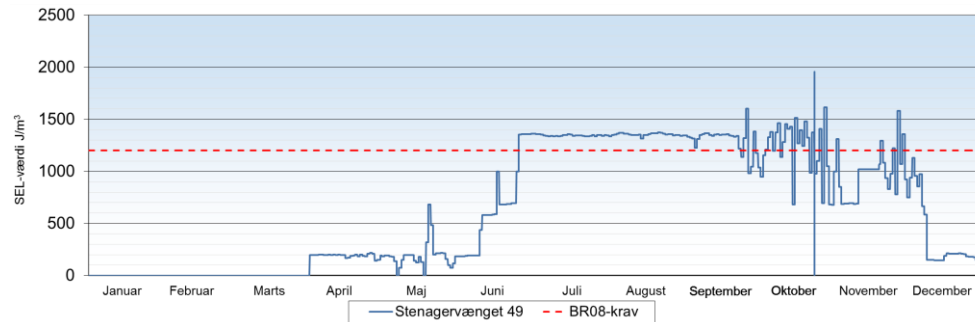
Tabel 6.9: Kontrol af passivhus-anbefaling om maks 10% tid med overtemperatur.

Det ses af ovenstående tabel, at huset også opfylder anbefalingen om overtemperatur i maks 10% af tiden. De 6% er fundet som en middelværdi for alle rum. I stuen var afvigelsen på 9%, hvilket stadig er tilfredsstillende.

## 7. Installationer

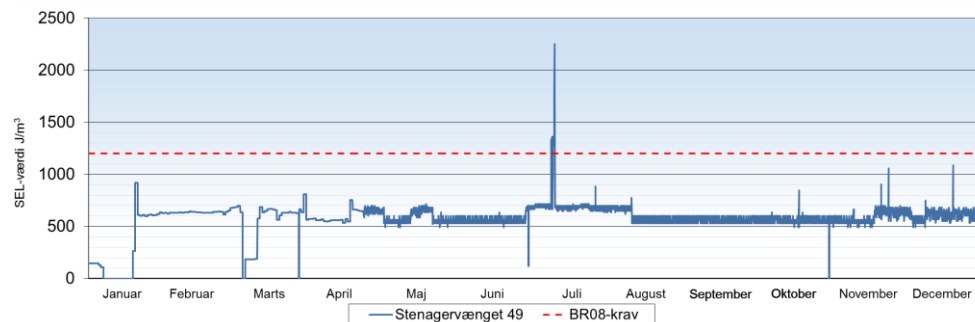
Der er i huset vurderet hvorledes SEL-værdien for anlægget har været gennem måleperioden. Nedenstående figurer viser den målte SEL-værdi sammen med BR08-kravet. Her fremgår det, at anlægget i en stor del af perioden ligger under BR08-kravet.

### 2009



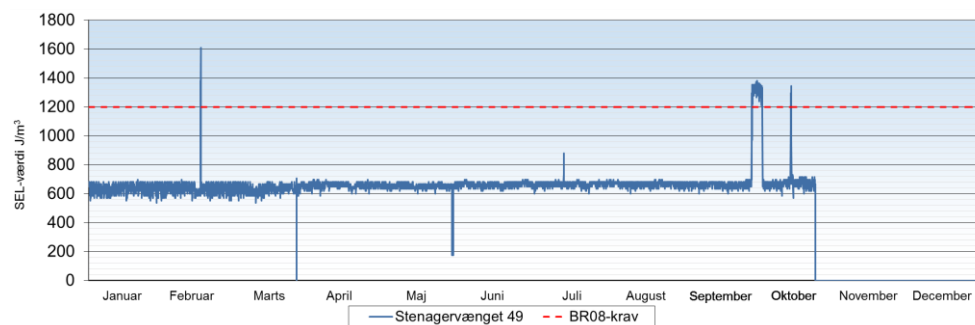
7.1: SEL-værdier for 2009.

### 2010



7.2: SEL-værdier for 2010.

### 2011



7.3: SEL-værdier for 2011.

Vurdering af varmevekslerens effektivitet fremgår af projektets tværgående rapport *"Komforthusene - Målinger og analyse af indeklima og energiforbrug i 8 passivhuse 2008-2011"*.



## 8. Kildeliste

- [BR08] *Bygningsreglement 2008*, <http://www.ebst.dk/br08.dk>
- [CR1752] *DS/EN/CR 1752, Ventilation i bygninger – Projekteringskriterier for indeklimaet*, Dansk standard, 2001
- [DS490] DS 490, Lysklassifikation af boliger, Dansk standard, 2007
- [Koch et all.] *Fugt i boligen*, Koch, A., Kvistgaard, B., Larsen, J. og Nielsen, T., Teknologisk Institut, 1987
- [Hyldgård] *Støjfri ventilationsanlæg*, Carl Erik Hyldgård, Aalborg Universitet, Institut for Byggeri og Anlæg, Indeklima og Energi, DCE Lecture Notes No. 15, 2007, ISSN 1901-7286
- [Larsen] *Vurdering af indeklimaet i hidtidigt lavenergibyggeri - med henblik på forbedringer i fremtidens lavenergibyggeri*, Tine Steen Larsen, Aalborg Universitet, Institut for Byggeri og Anlæg, 2011. 65 s. (DCE Contract Reports; 100)
- [PHPP2007] *Passive House Planning Package, Technical information PHI 2007/1, Requirements for Quality Approved Passive Houses*, Wolfgang Feist, Rainer Pfluger m.fl, 2007
- [SBI196] *SBI-anvisning 196, Indeklimahåndbogen*, Ole Valbjørn, Susse Lausten, John Høwisch, Ove Nielsen, Peter A. Nielsen, Statens byggeforskningsinstitut, 2000
- [SBI217] *SBI-anvisning 217, Udførelse af bygningsakustiske målinger*, Dan Hoffmeyer  
Henrik S. Olesen & Birgit Rasmussen, Statens byggeforskningsinstitut, 2008
- [SBI219] *SBI-anvisning 219, Dagslys i rum og bygninger*, Kjeld Johnsen & Jens Christoffersen, Statens byggeforskningsinstitut, 2009
- [SBI224] *SBI-anvisning 224, Fugt i bygninger*, Erik Brandt m.fl., Statens byggeforskningsinstitut, 2009
- [DS/EN 15251] *DS/EN 15251, Input-parametre til indeklimaet ved design og bestemmelse af bygningers energimæssige ydeevne vedrørende indendørs luftkvalitet, termisk miljø, belysning og akustik*, Dansk standard, 2007.



## 9. Bilag A – Oprindelig version af indeklimavurdering

Nedenstående afsnit er den vurderingsmetode der i projektets start i 2008 blev opstillet til vurdering af indeklimate. Afsnittet er IKKE brugt i nærværende rapport, men vedlægges blot til orientering.

Vurdering af målingerne foretages for det termiske og atmosfæriske indeklimate ved brug af retningslinierne opstillet i "DS/EN/CR 1752, Ventilation i bygninger – Projekteringskriterier for indeklimate". Der er i konkurrenceprogrammet for Komforthusene ikke stillet konkrete krav om opfyldelse af et specifikt niveau, men da husene markedsføres som Komforthuse, bør kategori B som minimum være opfyldt. Måleresultaterne fra målingerne af temperatur, relativ fugtighed og CO<sub>2</sub>-niveau vil derfor blive holdt op mod en opfyldelse af dette. Kravene til den termiske og atmosfæriske komfort ud fra DS/EN/CR 1752 er gennemgået i afsnit 9.1 og 9.2. Krav til dagslysfaktoren i centrale rum i huset gennemgås i afsnit 9.3 og tager udgangspunkt i BR08. Krav til det akustiske indeklimate tager udgangspunkt i DS490, Lydklassifikation af boliger og gennemgås i afsnit 9.4.

### 9.1 Termisk indeklimate

For at kunne opstille et krav til det termiske indeklimate, skal et aktivitetsniveau i huset antages. Her er der brugt 1,2 met, hvilket svarer til stillesiddende aktivitet. Der opstilles i **Fejl! Henvisningskilde ikke fundet.** temperaturintervaller for både kategori A, B og C. Kategori A svarer til et forventet antal utilfredse med de termiske omgivelser på <6%, kategori B svarer til <10% utilfredse og kategori C svarer til <15% utilfredse. [CR1752]

Aktivitetsniveau [met]			1,2		
Kategori			A	B	C
Operativ temperatur	[°C]	Sommer	24,5 ± 1,0	24,5 ± 1,5	24,5 ± 2,5
		Vinter	22,0 ± 1,0	22,0 ± 2,0	22,0 ± 3,0
Maksimal middellufthastighed	[m/s]	Sommer	0,18	0,22	0,25
		Vinter	0,15	0,18	0,21

**Tabel 9.1. Krav til temperatur og middellufthastigheder for hhv kategori A, B og C. [CR1752]**

Som det ses i Tabel 9.1 er der også krav til middellufthastigheden for hver enkelt kategori, men dette vil ikke blive målt og vurderet i dette projekt.

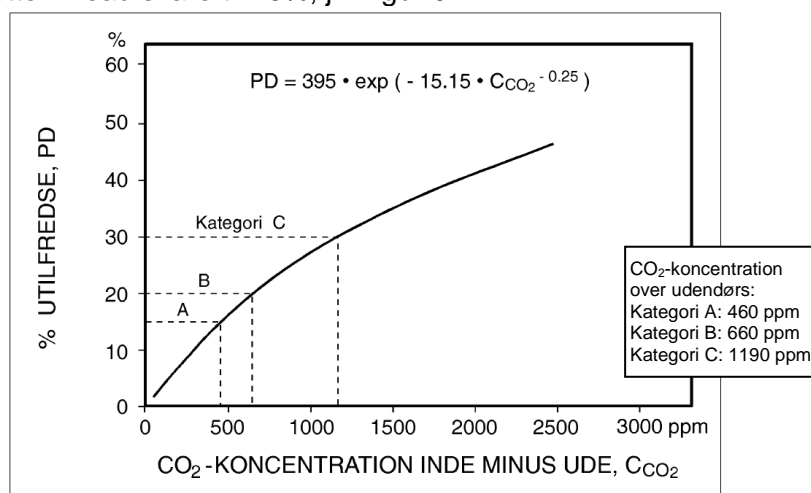
### 9.2 Atmosfærisk indeklimate

Som indikator for luftkvaliteten i huset vurderes både CO<sub>2</sub>-niveauet i huset samt den relative luftfugtighed. Dog er bidrag fra fx menneskelige bioeffluenter samt afgang af materialer også noget der spiller ind på vores vurdering af luftkvaliteten i et rum. Dette er dog ikke målbart på samme måde, som ovenstående parametre, men vurderes i stedet bl.a. via vores lugtesans. Fælles for alle påvirkningerne af det atmosfæriske indeklimate er, at antallet af utilfredse reduceres når ventilationsmængden forøges, men en forøget ventilationsmængde resulterer samtidig i et forøget energiforbrug, så det er her vigtigt at finde en balance.

#### 9.2.1 Vurdering af CO<sub>2</sub>-niveau

Ved vurdering af CO<sub>2</sub>-niveauet i huset sammenholdes niveauet med kategori B fra CR1752. Dette svarer til en CO<sub>2</sub>-koncentration, der maksimalt er 660 ppm over koncentrationen udendørs, som fastsættes til 370 ppm. Dvs at CO<sub>2</sub>-niveauet indendørs skal være mindre end 1030 ppm

for at opfylde kategori B. Antallet af utilfredse med den oplevede luftkvalitet vil med dette niveau svare til 20%, jf. Figur 9.1.

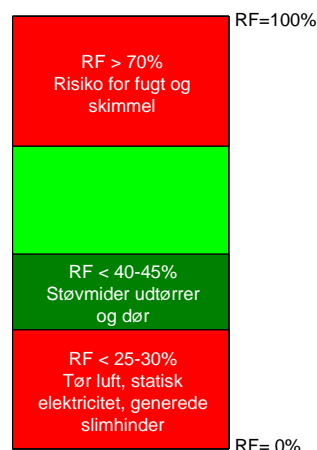


**Figur 9.1. Oplevet luftkvalitet som funktion af CO<sub>2</sub>-koncentrationen indendørs minus udendørs. [CR1752]**

### 9.2.2 Vurdering af relativ luftfugtighed

Ved vurdering af den relative luftfugtighed (RF) anbefales det i CR1752, at RF holdes mellem 30% og 70%.

Den nedre grænse på de 30% bør overholdes, da der ellers vil opstå gener i form af tør luft, statisk elektricitet og udtørrede slimhinder. Den øvre grænse på 70% bør overholdes for at undgå problemer med fugt og skimmel i boligen, som efterfølgende kan medføre allergi samt dårlig lugt. I [SBI224] angives desuden en kritisk grænse på RF>75%, hvor risiko for problemer i konstruktionerne kan opstå.



Den sidste grænse, som bliver vurderet i dette projekt, er en RF<45%. Det anbefales i [SBI196] at dette kan overholdes i minimum en måned om året, da støvmider dør, når den relative luftfugtighed kommer under 45%.

**Figur 9.2. Anbefalinger for relativ fugtighed i boligen.**

### 9.3 Dagslys

Ved vurdering af dagslysforhold i husene tages der udgangspunkt i kravene fra bygningsreglement 2008 [BR08]. Her står bl.a. i "afsnit 6.5.1. Generelt":

Bestemmelse	Vejledning
<b>STK. 1</b> Arbejdsrum, opholdsrum, beboelsesrum og fælles adgangsveje skal have tilfredsstillende lys, uden at det medfører unødvendig varmebelastning.	<b>(6.5.1, STK. 1)</b> Tilfredsstillende lys skal vurderes i sammenhæng med de aktiviteter og arbejdsopgaver, som planlægges i rummet.  Kravet om dagslys skal ses i sammenhæng med almene sundhedsmæssige aspekter af dagslyset. Mængden af dagslys har endvidere indflydelse på behovet for kunstig belysning.

Og slås der op under *dagslys* i afsnit 6.5.2 findes følgende bestemmelse og vejledning:

Bestemmelse	Vejledning
<b>STK. 1</b> Arbejdsrum, opholdsrum i institutioner, undervisningslokaler, spiserum samt beboelsesrum skal have en sådan tilgang af dagslys, at rummene er vel belyste. Vinduer skal udføres, placeres og eventuelt afskærmes, så solindfald gennem dem ikke medfører overophedning i rummene, og så gener ved direkte solstråling kan undgås.	<b>(6.5.2, STK. 1)</b> I arbejdsrum kan dagslyset i almindelighed anses for at være tilstrækkeligt, når rudearealet ved sidelys svarer til mindst 10 pct. af gulvarealet eller ved ovenlys mindst 7 pct. af gulvareal, forudsat at ruderne har en lystransmittans på mindst 0,75. De 10 pct. og 7 pct. er vejledende ved normal placering af bygningen samt normal udformning og indretning af lokalerne. Såfremt vinduestypen er ukendt på projekteringsstidspunktet, kan omregning fra karmlysningsareal til rudeareal ske ved at multiplicere karmlysningsarealet med faktoren 0,7. Rudearealet skal forøges forholdsmæssigt ved reduceret lysgennemgang (fx solafskærmende ruder) eller formindsket lysadgang til vinduerne (fx ved tætliggende bygninger). Dagslyset kan ligeledes anses for at være tilstrækkeligt, når det ved beregning eller måling kan eftervises, at der er en dagslysfaktor på 2 pct. ved arbejdspladserne. Ved bestemmelse af dagslysfaktoren tages der hensyn til de faktiske forhold, herunder udformningen af vinduesudformning, rudens lystransmittans samt rummets og omgivelsernes karakter. Der henvises til By og Byg Anvisning 203: Beregning af dagslys i bygninger samt SBI-anvisning 219: Dagslys i rum og bygninger, 2007.

Ved vurdering af resultaterne fundet i dette projekt vil en dagslysfaktor på 2% også blive brugt som en minimumsgrænse for dagslysfaktoren, men hvis forholdene skal vurderes som gode dagslysforhold, bør dette kunne opnås hele vejen ind gennem rummet og altså ikke kun i områder, der kan betragtes som arbejdspladser. På denne måde vil dybden af rummet også kunne medtages i vurderingen, da dybe rum bør have større eller højere placerede vinduesarealer end smalle rum.

#### 9.4 Akustisk indeklima

Ved vurdering af målinger af støj fra ventilationsanlægget og efterklangstider i husene er der taget udgangspunkt i *DS490, Lydklassifikation af boliger*, da der i BR08 henvises til et funktionskrav heri, som er opfyldt ved opnåelse af klasse C.

Følgende uddrag fra BR08 er taget fra kapitel 6.4 *Akustisk indeklima* afsnit 6.4.2 *Boliger og lignende bygninger benyttet til overnatning*.

Bestemmelse	Vejledning
<b>STK. 1</b> Boliger og lignende bygninger benyttet til overnatning og deres installationer skal udformes, så de, som opholder sig i bygningerne, ikke generes af lyd fra rum i tilgrænsende bolig- og erhvervsenheder, fra bygningens installationer samt fra nærliggende veje og jernbaner.	<b>(6.4.2, STK. 1 - STK. 4)</b> Boliger omfatter i denne forbindelse også hoteller, kollegier, pensionater, kroer, klublejligheder, kostskoler, sygehjem, plejehjem, døgninstitutioner og lignende bygninger, der benyttes til overnatning.  Som fællesrum forstås fx fælles opholdsrum for flere boliger, trapperum eller gange.  Funktionskravet for boliger anses for opfyldt, når de udføres som klasse C i DS 490, Lydklassifikation af boliger.



I udbudsmaterialet brugt til Komforthusene blev følgende krav til akustikken i huset sat:

**Lydkrav**

Der skal tages hensyn til bygningens lydmæssige formåen i projektet, så huset fremstår som et komfortabelt hus at leve i efterfølgende. Her skal specielt tages hensyn til de interne lydproblematikker, såsom efterklangstid.

Ved alle konstruktionssamlinger, installationer og gennemføringen skal husets lydmæssige formåen sikres.

Ses der på definitionerne af hhv klasse B og klasse C i DS 490 findes følgende formuleringer: [DS490]

**4.2**

**Lydklasse B**

Lydklasse med tydeligt bedre lydforhold end byggelovgivningens minimumkrav for boliger. Beboere bliver kun i begrænset omfang forstyrret af lyd eller støj.

**4.3**

**Lydklasse C**

Lydklasse svarende til intentionerne i byggelovgivningens minimumkrav. Op til mellem 15 % og 20 % af beboerne kan forventes at blive forstyrret af lyd eller støj.

Ved sammenholdelse af kravene i udbudsmaterialet og definitionerne af klasse B og C, vælges det i måleprojektet at stille et krav om opnåelse af niveau B.

**9.4.1 Krav til støj fra tekniske installationer**

Ved vurdering af støj fra tekniske installationer, som i alle Komforthusene vil være støj fra ventilationsanlæg/kompaktaggregater, kompressorer, pumper mm, gælder følgende: [DS490]

Grænseværdier for støj fra tekniske installationer gælder for den enkelte installation og er relateret til umøblerede rum med lukkede vinduer og døre. Hvis målingerne foretages under andre rumforhold, foretages korrektioner i overensstemmelse med [1] i bibliografien.

I tilfælde af lavfrekvent støj bør det A-vægtede lydtrykniveau i det lavfrekvente område,  $L_{pA,LF}$ , ikke overstige 25 dB om dagen (kl. 07-18) eller 20 dB aften og nat (kl. 18-07). I lydklasse A og B bør overholdes grænseværdier, der er 5 dB lavere. Grænseværdier for lavfrekvent støj er relateret til en særlig målemetode, se [4] i bibliografien.

Kravene til maksimale grænseværdier for støj fra tekniske installationer er angivet i Tabel 9.2.

Rumtype	Målestørrelse	Klasse A i dB	Klasse B i dB	Klasse C i dB	Klasse D i dB
I beboelsesrum og køkkener samt i fælles opholdsrum	$L_{Aeq,T}$	20	25	30	35

**Tabel 9.2. Støj fra tekniske installationer. Grænseværdier angivet som højeste værdier for A-vægtet, ækvivalent lydtrykniveau. [DS490]**

**9.4.2 Krav til efterklangstider**

Kravene til efterklangstider i DS 490 er angivet i Tabel 9.3. Ved vurdering af resultaterne benyttes kravene til "fælles opholdrum".

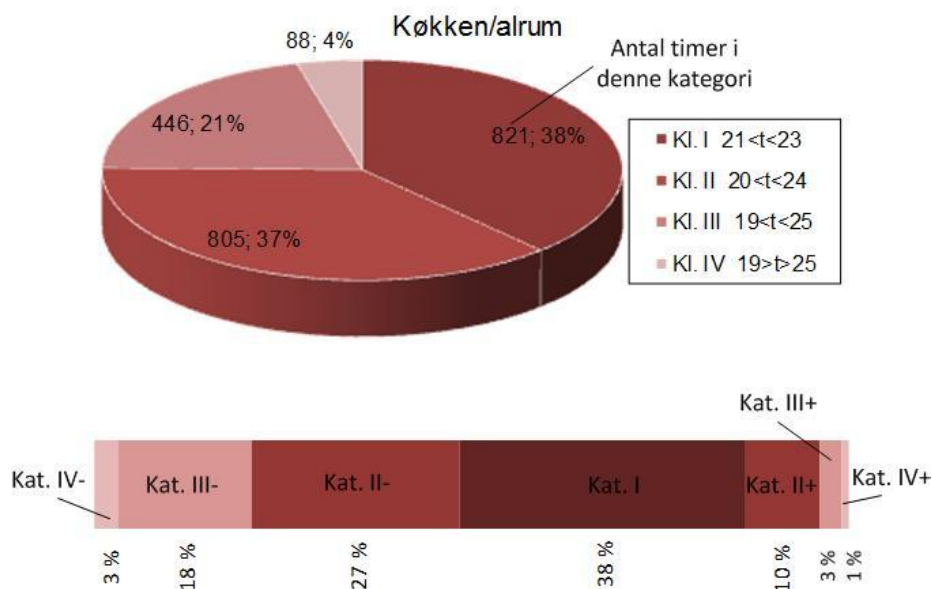
Rumtype	Klasse A $T_{is}$	Klasse B $T_{is}$	Klasse C $T_{is}$	Klasse D $T_{is}$
I trapperum og gange med adgang til mere end 2 boliger eller erhvervsenheder, ved 500 Hz, 1000 Hz og 2000 Hz	1,0	1,0	1,3	1,3
I gange i plejehjem og lignende, hvor gangarealet i nogen grad anvendes til ophold, ved 500 Hz, 1000 Hz og 2000 Hz	0,9	0,9	0,9	0,9
Fælles opholdsrum, ved 125 Hz, 250 Hz, 500 Hz, 1000 Hz, 2000 Hz og 4000 Hz	0,6	0,6	0,6	Ingen krav
NOTE – I fælles opholdsrum er grænseværdien 0,9 s ved 125 Hz				

**Tabel 9.3. Krav til efterklangstid. Grænseværdier angivet som højeste værdier i hvert oktavbånd. [DS490]**



## 10. Bilag B – Termisk indeklima

Dette bilag indeholder diagrammer for temperaturfordelingen i huset opdelt på forskellige sæsoner i løbet af året. For overskuelighedens skyld er enkelte signaturer i graferne udeladt. Opbygningen af grafer og diagrammer fremgår af eksemplet i Figur 10.1.



Figur 10.1: Signaturforklaring til diagrammer

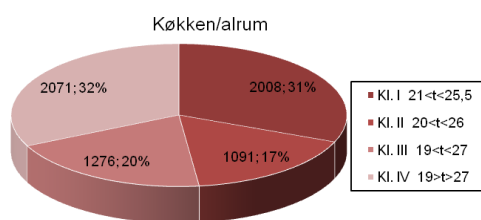
Det øverste diagram angiver fordelingen af henholdsvis timer og % på kategori I, II og III. Kategori IV angiver tid udenfor de øvrige kategorier. Når det i projektet angives, at kategori II skal overholdes omfatter tid i kategori II både andelen af timer i andelen kaldet kategori II og kategori I.

Det nederste diagram angiver hvorvidt rummet ligger i den lave eller høje ende af skalaen. Kat II- angiver fx hvor stor en del af tiden, at temperaturen ligger mellem 20°C og 21°C – dvs forskellen fra den nederste grænse i kategori I til den nederste grænse i kategori II. På tilsvarende måde angiver kategori II+ tiden, der ligger mellem 23°C og 24°C.

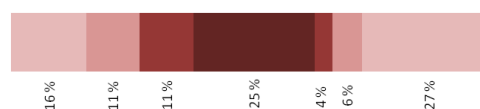
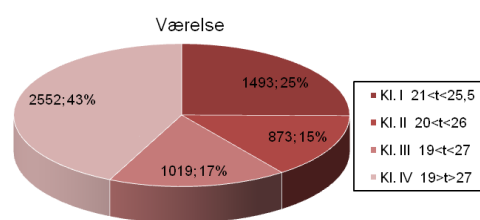
### 10.1 Generel situation hele året

Ved vurdering af temperaturer på årsniveau er komfortskalaen for både sommer og vintersituation slået sammen således, at kategori II i denne vurdering omfatter alle temperaturer mellem 20°C og 26°C.

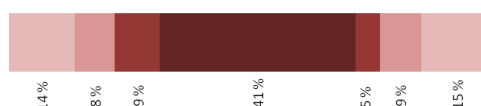
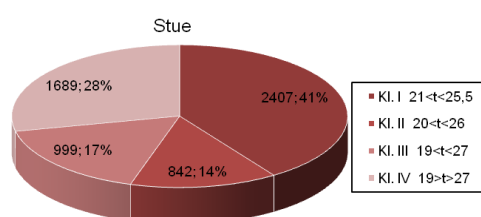
2009



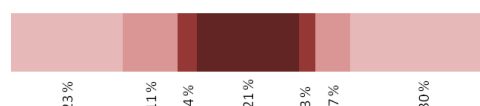
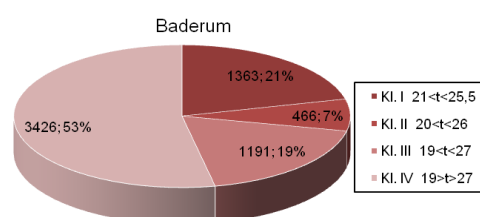
Figur 10.2: Timefordeling i komfortklasser for hele året i køkken/alrum i 2009.



Figur 10.3: Timefordeling i komfortklasser for hele året i værelse i 2009.

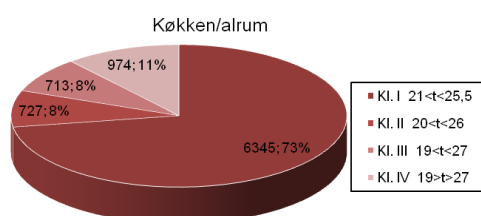


Figur 10.4: Timefordeling i komfortklasser for hele året i stue i 2009.

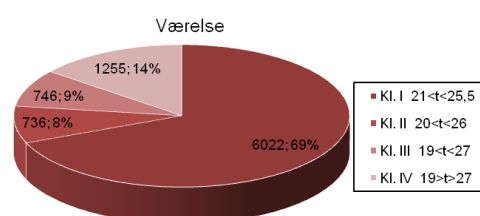


Figur 10.5: Timefordeling i komfortklasser for hele året i baderum i 2009.

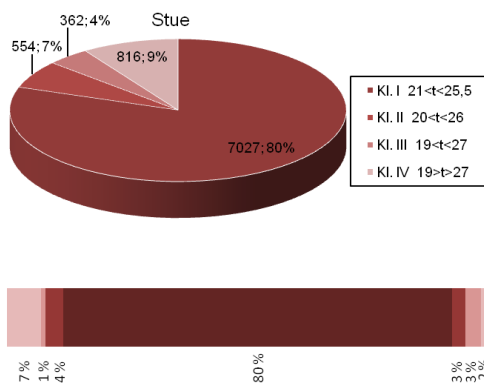
2010



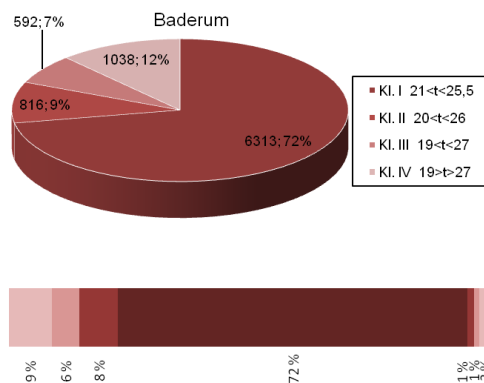
Figur 10.6: Timefordeling i komfortklasser for hele året i køkken/alrum i 2010.



Figur 10.7: Timefordeling i komfortklasser for hele året i værelse i 2010.

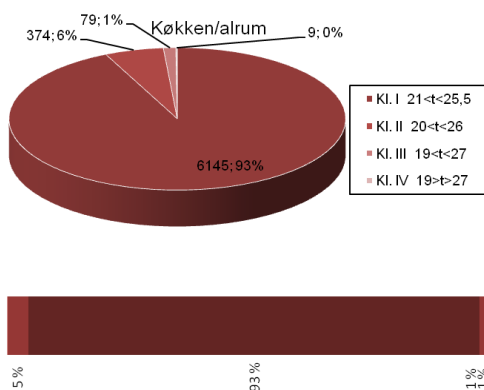


Figur 10.8: Timefordeling i komfortklasser for hele året i stue i 2010.

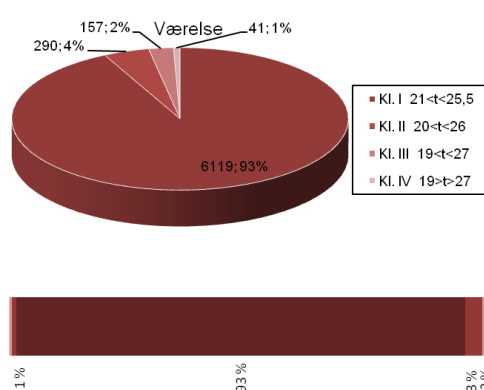


Figur 10.9: Timefordeling i komfortklasser for hele året i baderum i 2010.

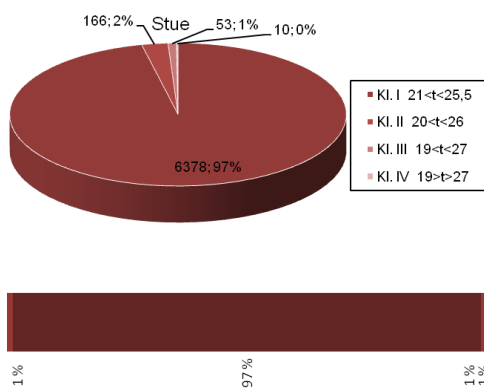
2011



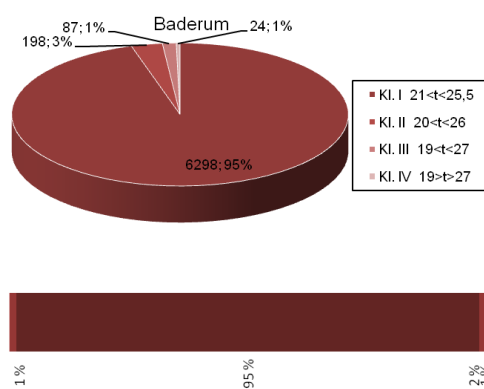
Figur 10.10: Timefordeling i komfortklasser for hele året i køkken/alrum i 2011.



Figur 10.11: Timefordeling i komfortklasser for hele året i værelse i 2011.



Figur 10.12: Timefordeling i komfortklasser for hele året i stue i 2011.

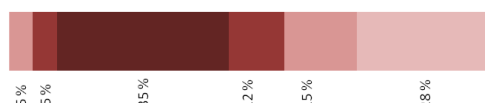
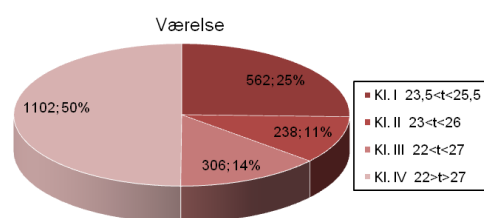
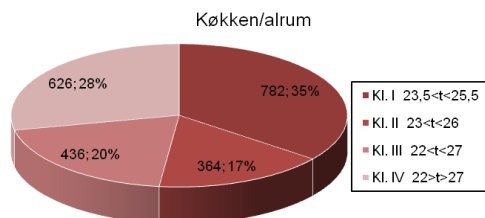


Figur 10.13: Timefordeling i komfortklasser for hele året i baderum i 2011.

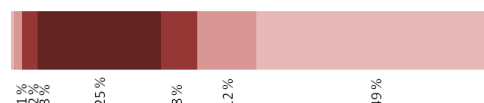
## 10.2 Sommersituation

Sommersituationen er defineret som juni, juli og august måned. Sommerbeklædning er altid benyttet ved vurderingen af det termiske indeklima for denne årstid.

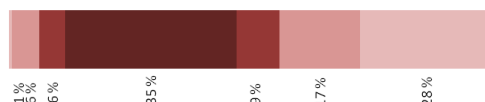
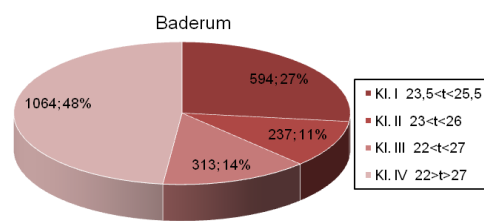
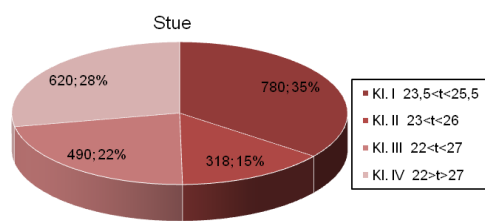
2009



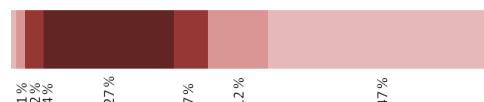
Figur 10.14: Timefordeling i komfortklasser for sommersituation i køkken/alrum i 2009.



Figur 10.15: Timefordeling i komfortklasser for sommersituation i værelse i 2009.

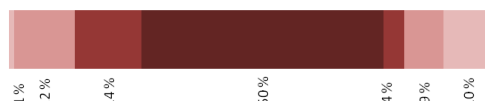
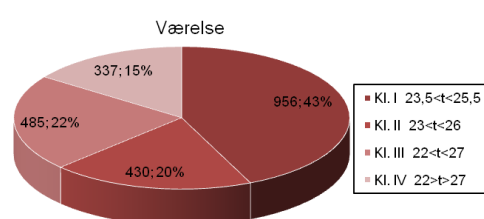
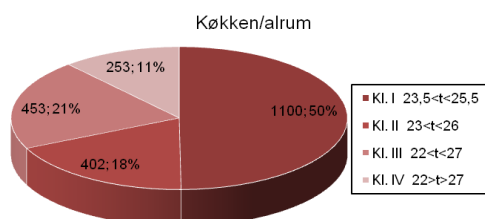


Figur 10.16: Timefordeling i komfortklasser for sommersituation i stue i 2009.



Figur 10.17: Timefordeling i komfortklasser for sommersituation i baderum i 2009.

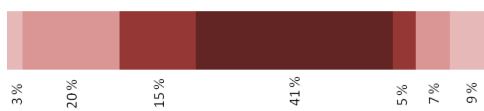
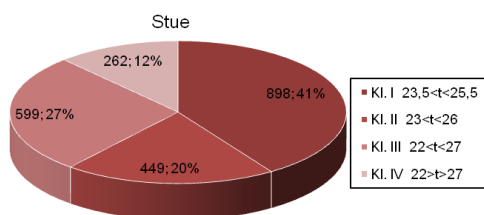
2010



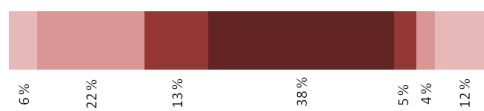
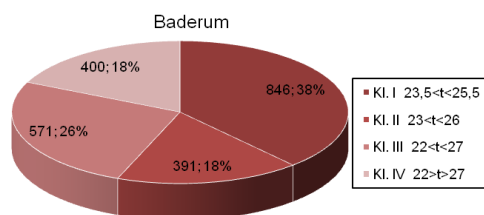
Figur 10.18: Timefordeling i komfortklasser for sommersituation i køkken/alrum i 2010.



Figur 10.19: Timefordeling i komfortklasser for sommersituation i værelse i 2010.

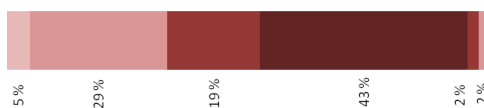
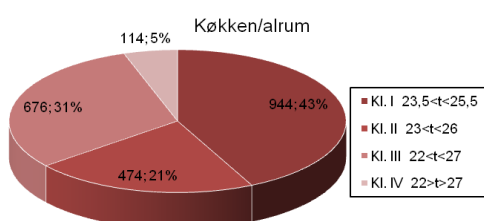


Figur 10.20: Timefordeling i komfortklasser for sommersituation i stue i 2010.

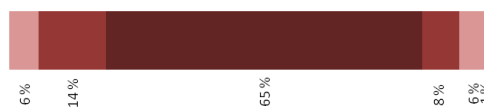
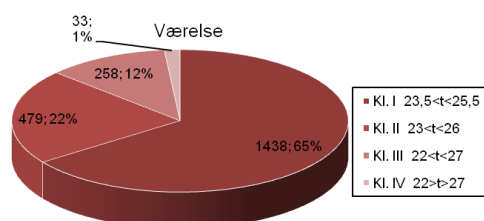


Figur 10.21: Timefordeling i komfortklasser for sommersituation i baderum i 2010.

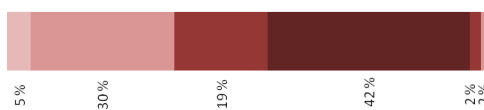
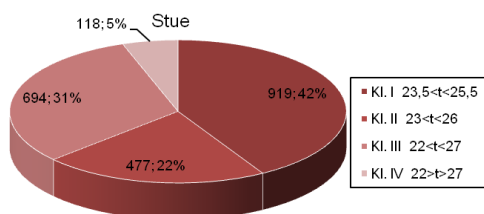
2011



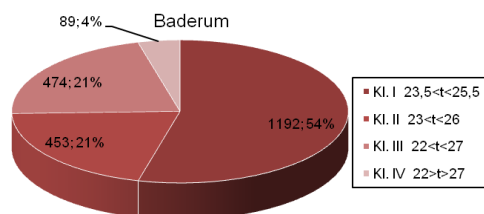
Figur 10.22: Timefordeling i komfortklasser for sommersituation i køkken/alrum i 2011.



Figur 10.23: Timefordeling i komfortklasser for sommersituation i værelse i 2011.



Figur 10.24: Timefordeling i komfortklasser for sommersituation i stue i 2011.



Figur 10.25: Timefordeling i komfortklasser for sommersituation i baderum i 2011.

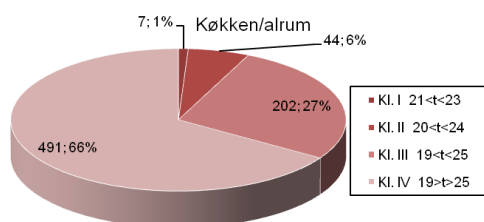


### 10.3 Vintersituation

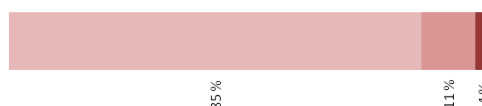
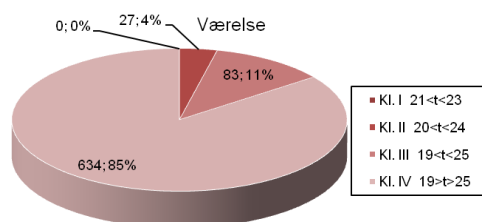
Vintersituationen er defineret som værende januar, februar og december. Til vurdering af den termiske komfort er vinterbeklædning altid benyttet til denne årstid.

#### 2009

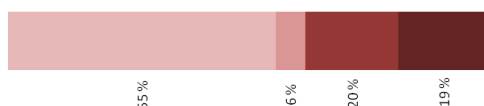
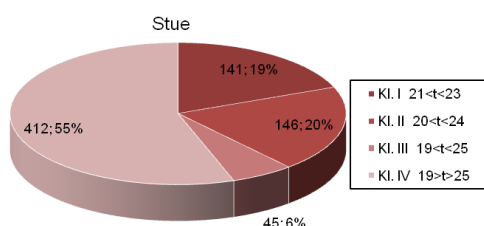
Da vintersituationen er defineret til at være januar, februar og december og der ikke er målinger fra januar og februar vil undersøgelsen af vinterscenariet for 2009 kun indeholde data fra december.



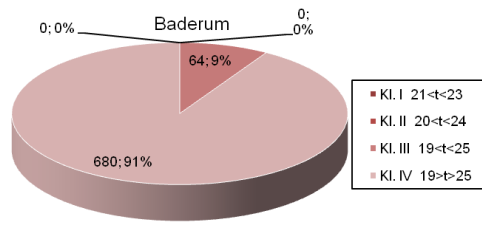
Figur 10.26: Timefordeling i komfortklasser for vintersituation i køkken/alrum i 2009.



Figur 10.27: Timefordeling i komfortklasser for vintersituation i værelse i 2009.

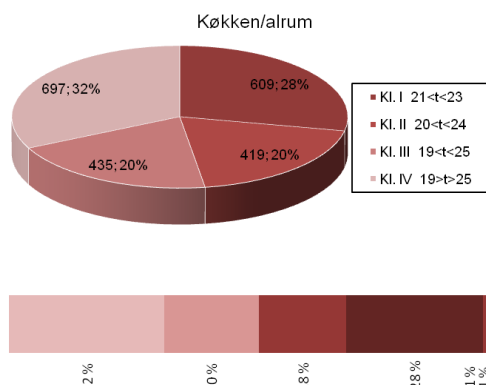


Figur 10.28: Timefordeling i komfortklasser for vintersituation i stue i 2009.

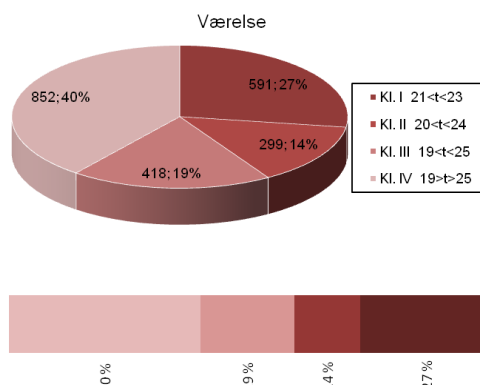


Figur 10.29: Timefordeling i komfortklasser for vintersituation i baderum i 2009.

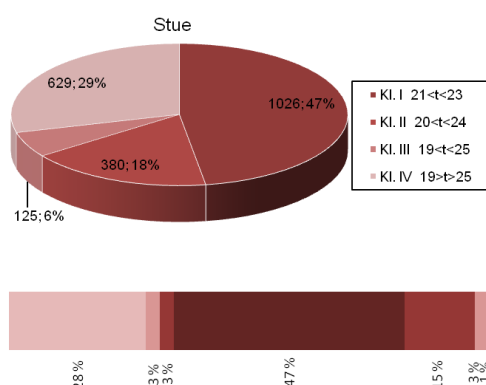
2010



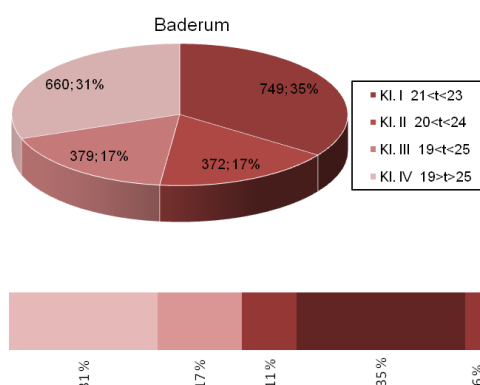
Figur 10.30: Timefordeling i komfortklasser for vintersituation i køkken/alrum i 2010.



Figur 10.31: Timefordeling i komfortklasser for vintersituation i værelse i 2010.

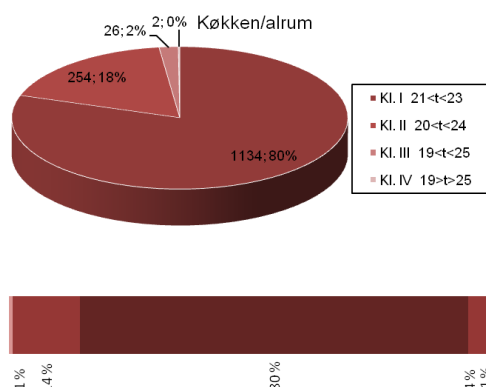


Figur 10.32: Timefordeling i komfortklasser for vintersituation i stue i 2010.

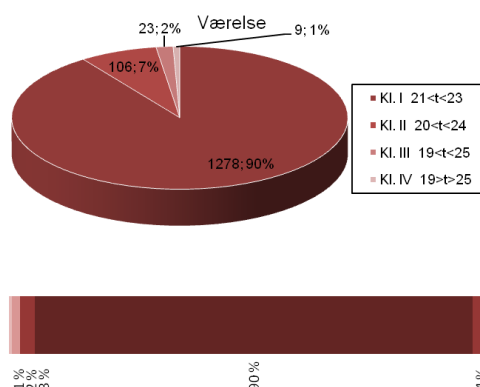


Figur 10.33: Timefordeling i komfortklasser for vintersituation i baderum i 2010.

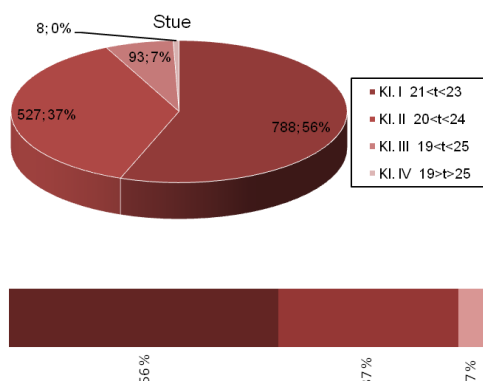
2011



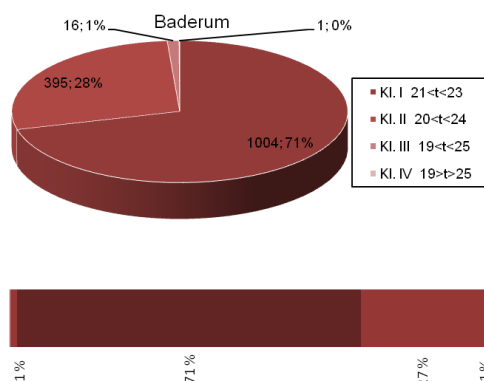
Figur 10.34: Timefordeling i komfortklasser for vintersituation i køkken/alrum i 2011.



Figur 10.35: Timefordeling i komfortklasser for vintersituation i værelse i 2011.



Figur 10.36: Timefordeling i komfortklasser for vintersituation i stue i 2011.

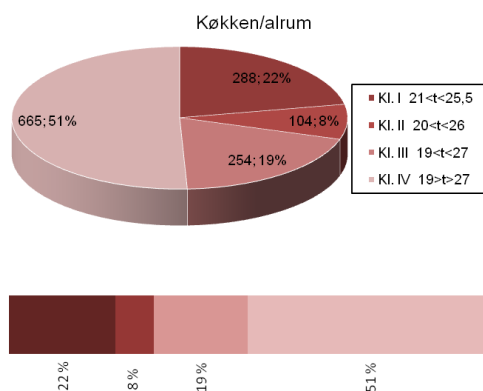


Figur 10.37: Timefordeling i komfortklasser for vintersituation i baderum i 2011.

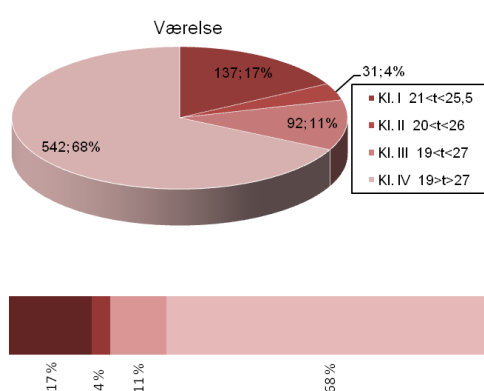
## 10.4 Forårssituation

Forår er defineret som marts, april og maj. For denne årstid er både sommer- og vinterbeklædning medtaget i undersøgelsen, hvilket gør, at komfortintervallet for denne undersøgelse udvides.

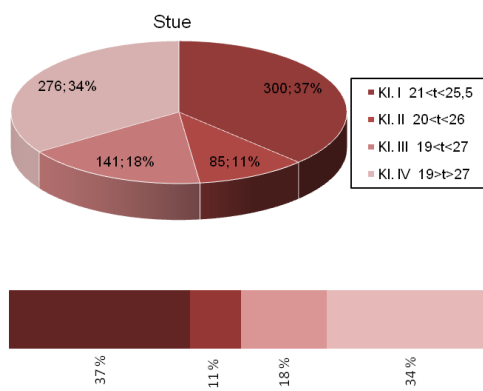
2009



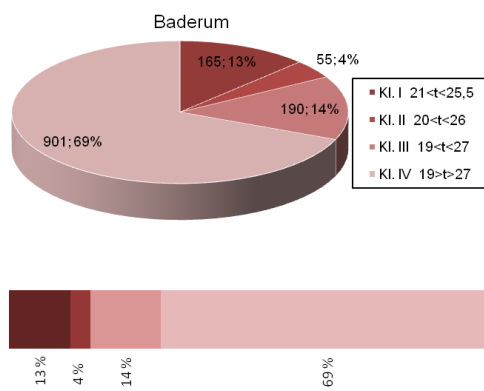
Figur 10.38: Timefordeling i komfortklasser for forårssituation i køkken/alrum i 2009.



Figur 10.39: Timefordeling i komfortklasser for forårssituation i værelse i 2009.

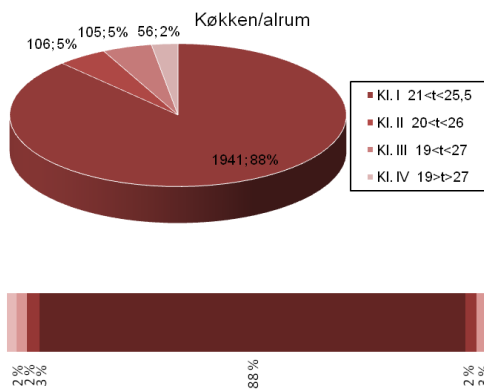


Figur 10.40: Timefordeling i komfortklasser for forårssituation i stue i 2009.

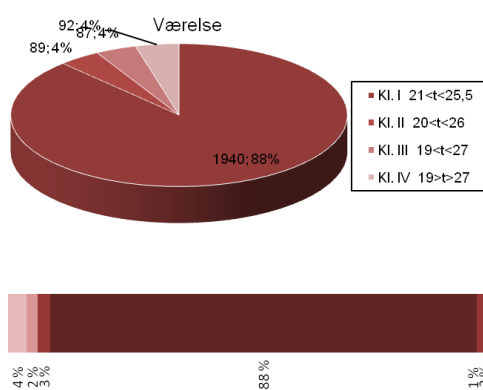


Figur 10.41: Timefordeling i komfortklasser for forårssituation i baderum i 2009.

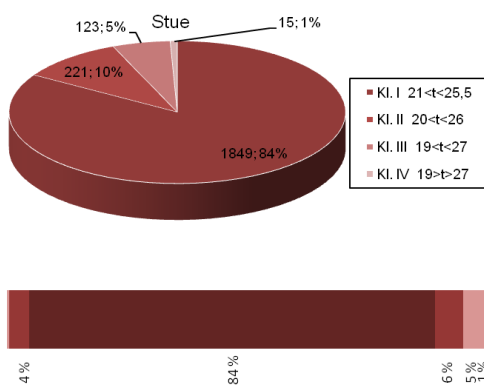
2010



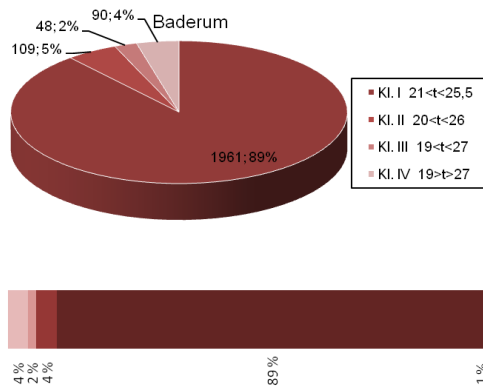
Figur 10.42: Timefordeling i komfortklasser for forårssituation i køkken/alrum i 2010.



Figur 10.43: Timefordeling i komfortklasser for forårssituation i værelse i 2010.

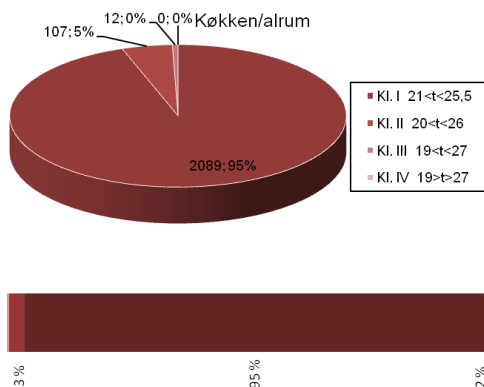


Figur 10.44: Timefordeling i komfortklasser for forårssituation i stue i 2010.

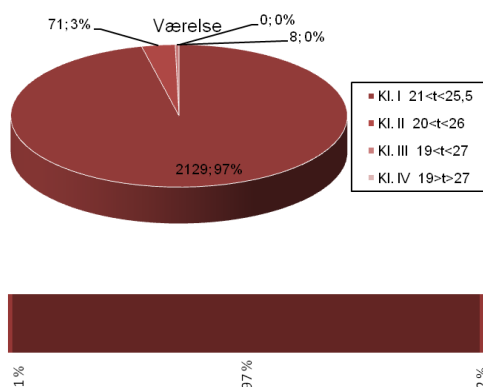


Figur 10.45: Timefordeling i komfortklasser for forårssituation i baderum i 2010.

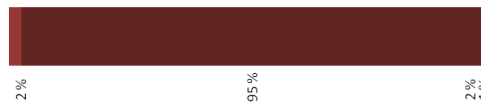
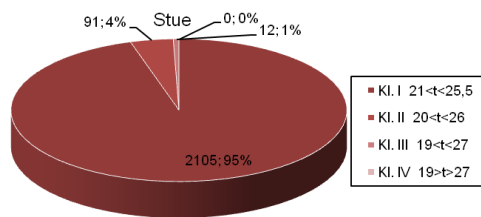
2011



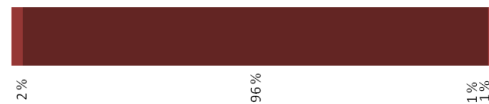
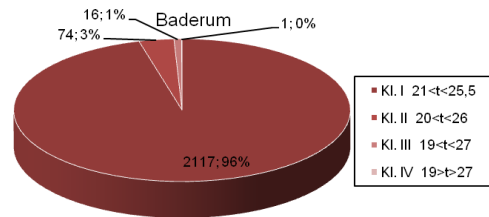
Figur 10.46: Timefordeling i komfortklasser for forårssituation i køkken/alrum i 2011.



Figur 10.47: Timefordeling i komfortklasser for forårssituation i værelse i 2011.



Figur 10.48: Timefordeling i komfortklasser for forårssituation i stue i 2011.

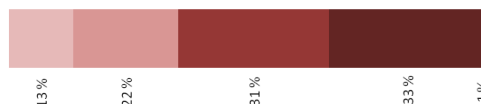
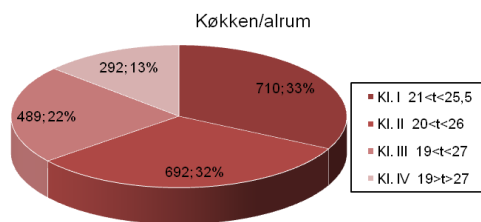


Figur 10.49: Timefordeling i komfortklasser for forårssituation i baderum i 2011.

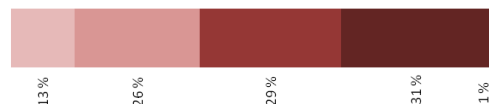
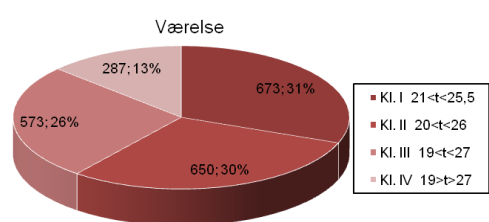
## 10.5 Efterårssituation

Denne periode er defineret som september, oktober og november. For denne årstid er både sommer- og vinterbeklædning medtaget i undersøgelsen, hvilket gør, at komfortintervallet for denne undersøgelse udvides.

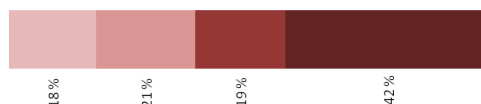
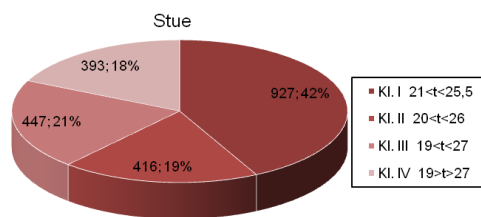
2009



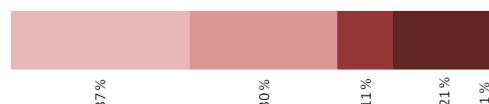
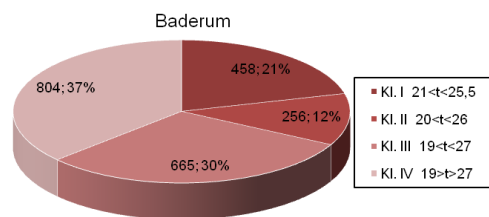
Figur 10.50: Timefordeling i komfortklasser for efterårssituation i køkken/alrum i 2009.



Figur 10.51: Timefordeling i komfortklasser for efterårssituation i værelse i 2009.

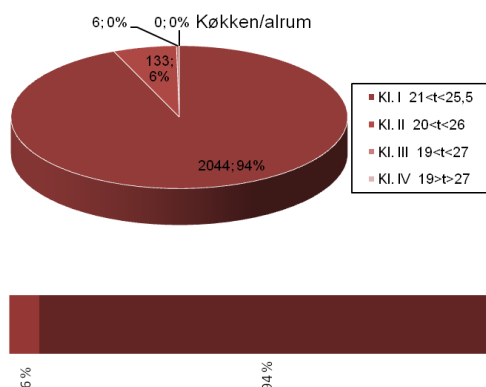


Figur 10.52: Timefordeling i komfortklasser for efterårssituation i stue i 2009.

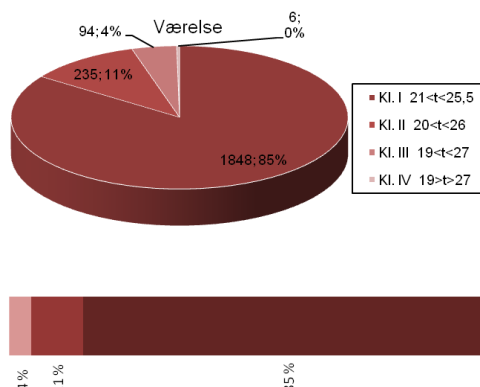


Figur 10.53: Timefordeling i komfortklasser for efterårssituation i baderum i 2009.

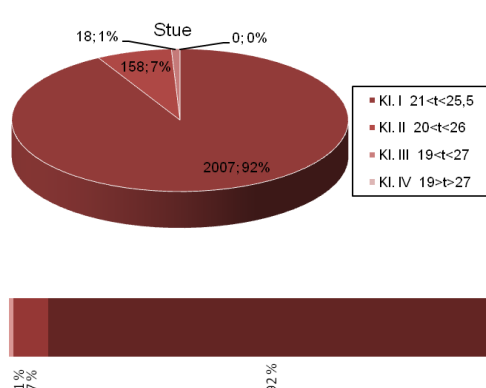
2010



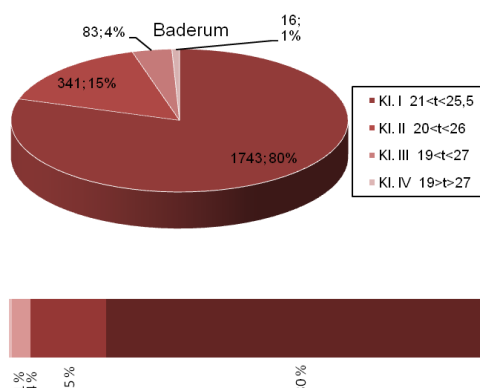
Figur 10.54: Timefordeling i komfortklasser for efterårssituation i køkken/alrum i 2010.



Figur 10.55: Timefordeling i komfortklasser for efterårssituation i værelse i 2010.

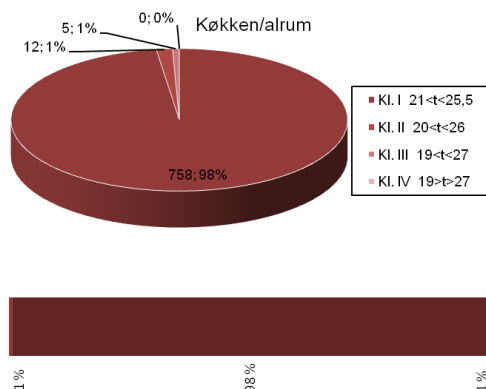


Figur 10.56: Timefordeling i komfortklasser for efterårssituation i stue i 2010.

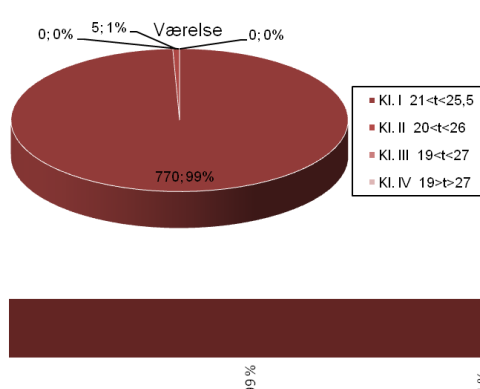


Figur 10.57: Timefordeling i komfortklasser for efterårssituation i baderum i 2010.

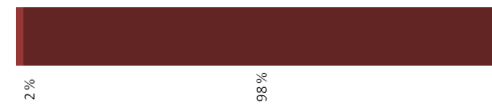
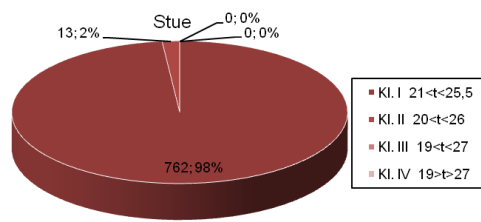
2011



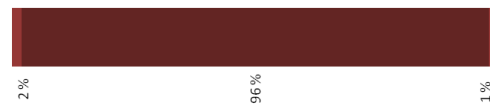
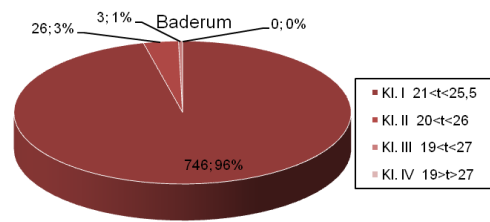
Figur 10.58: Timefordeling i komfortklasser for efterårssituation i køkken/alrum i 2011.



Figur 10.59: Timefordeling i komfortklasser for efterårssituation i værelse i 2011.



Figur 10.60: Timefordeling i komfortklasser for efterårssituation i stue i 2011.



Figur 10.61: Timefordeling i komfortklasser for efterårssituation i baderum i 2011.

## 11. Bilag C – Atmosfærisk indeklima (luftkvalitet)

Dette bilag indeholder diagrammer for CO<sub>2</sub>-niveauet i huset opdelt på forskellige sæsoner i løbet af året. Vurderingen er lavet på baggrund af både CR1752 og DS/EN 15251, som beskrevet i afsnit 2.2.1.

Sæsonerne er defineret som:

Forår: marts, april, maj

Sommer: juni, juli, august

Efterår: september, oktober, november

Vinter: Januar, februar, december (samme år!)

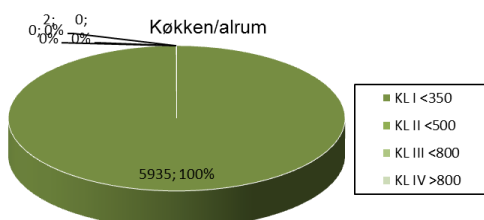
Vinteren 2009 er kun baseret på december, da huset stod tomt januar og februar.

### 11.1 Cirkeldiagrammer DS/EN 15251

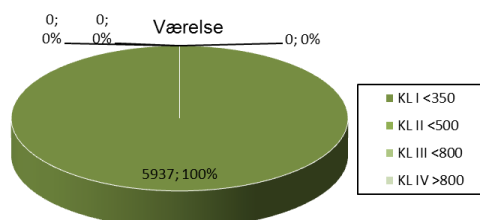
Cirkeldiagrammerne angiver hhv timer og % i hver kategori.

#### 11.1.1 Generel situation hele året

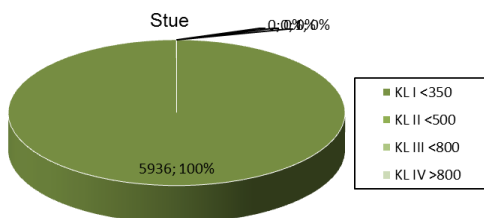
2009



Figur 11.1: Timefordeling i komfortklasser for hele året i køkken/alrum i 2009.

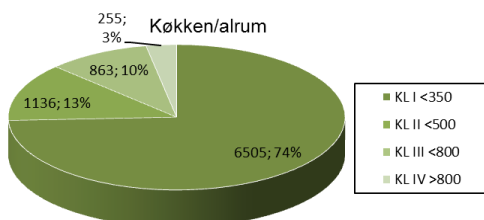


Figur 11.2: Timefordeling i komfortklasser for hele året i værelse i 2009.

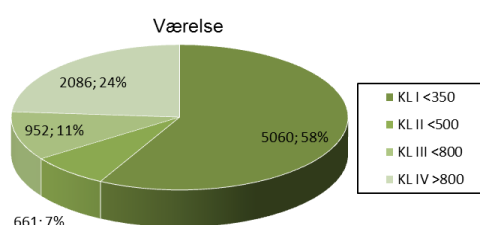


Figur 11.3: Timefordeling i komfortklasser for hele året i stue i 2009.

2010

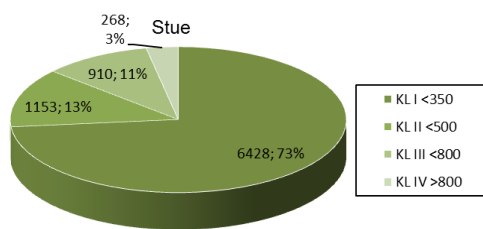


Figur 11.4: Timefordeling i komfortklasser for hele året i køkken/alrum i 2010.



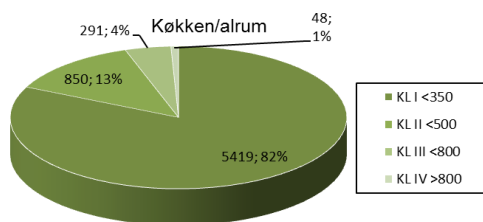
Figur 11.5: Timefordeling i komfortklasser for hele året i værelse i 2010.



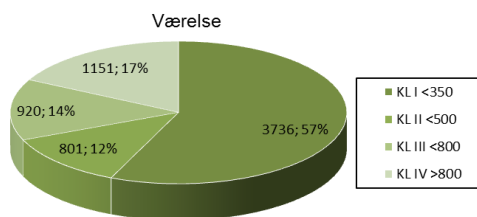


Figur 11.6: Timefordeling i komfortklasser for hele året i stue i 2010.

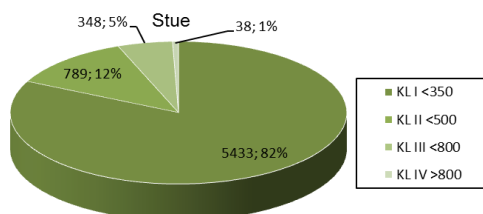
2011



Figur 11.7: Timefordeling i komfortklasser for hele året i køkken/alrum i 2011.



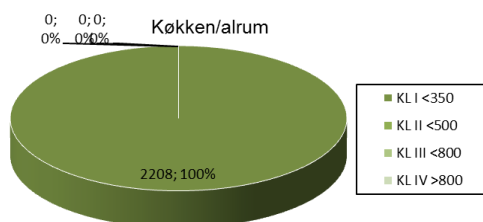
Figur 11.8: Timefordeling i komfortklasser for hele året i værelse i 2011.



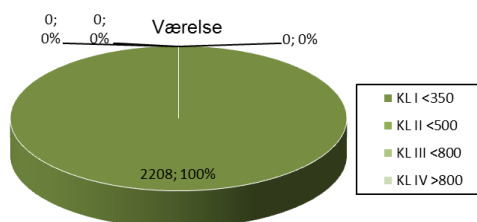
Figur 11.9: Timefordeling i komfortklasser for hele året i stue i 2011.

### 11.1.2 Sommersituation

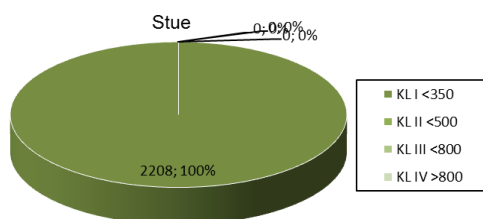
2009



Figur 11.10: Timefordeling i komfortklasser for sommersituation i køkken/alrum i 2009.

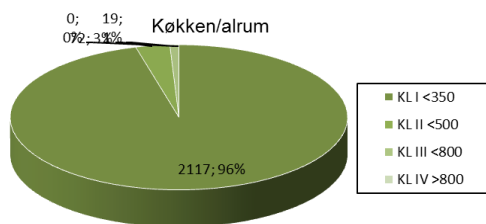


Figur 11.11: Timefordeling i komfortklasser for sommersituation i værelse i 2009.

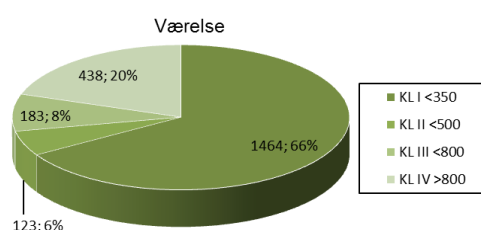


Figur 11.12: Timefordeling i komfortklasser for sommersituation i stue i 2009.

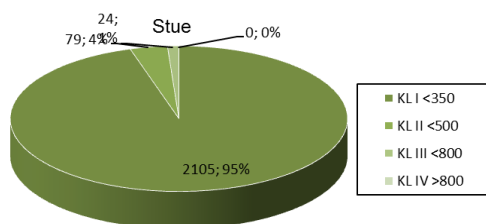
2010



Figur 11.13: Timefordeling i komfortklasser for sommersituation i køkken/alrum i 2010.

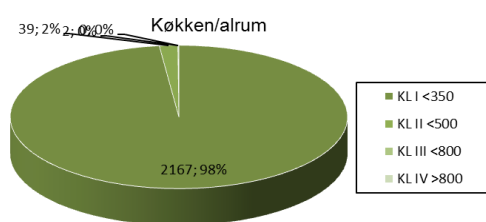


Figur 11.14: Timefordeling i komfortklasser for sommersituation i værelse i 2010.

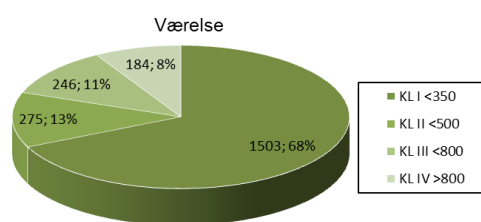


Figur 11.15: Timefordeling i komfortklasser for sommersituation i stue i 2010.

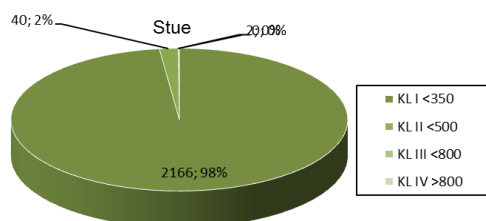
2011



Figur 11.16: Timefordeling i komfortklasser for sommersituation i køkken/alrum i 2011.



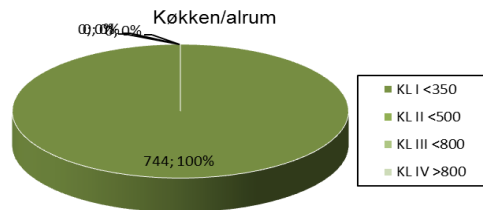
Figur 11.17: Timefordeling i komfortklasser for sommersituation i værelse i 2011.



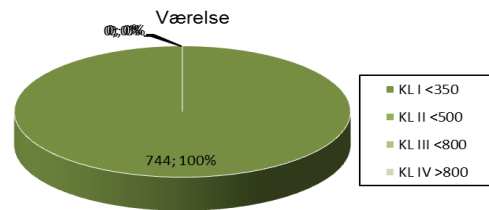
Figur 11.18: Timefordeling i komfortklasser for sommersituation i stue i 2011.

### 11.1.3 Vintersituation

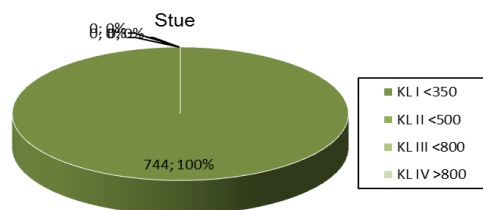
2009



Figur 11.19: Timefordeling i komfortklasser for vintersituation i køkken/alrum i 2009.

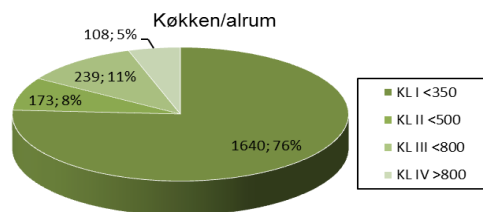


Figur 11.20: Timefordeling i komfortklasser for vintersituation i værelse i 2009.

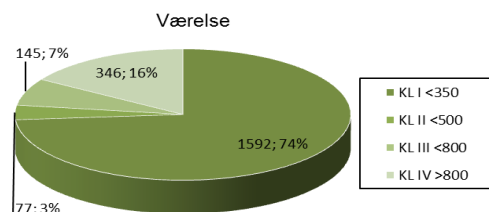


Figur 11.21: Timefordeling i komfortklasser for vintersituation i stue i 2009.

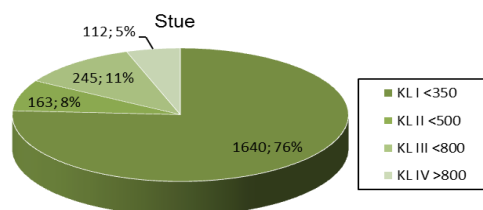
2010



Figur 11.22: Timefordeling i komfortklasser for vintersituation i køkken/alrum i 2010.

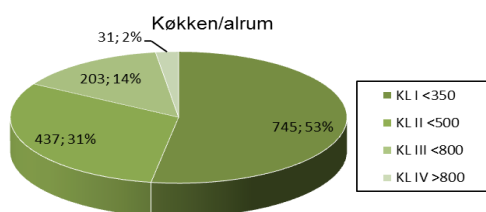


Figur 11.23: Timefordeling i komfortklasser for vintersituation i værelse i 2010.

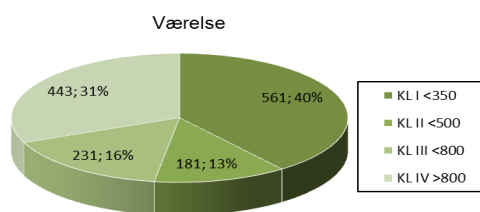


Figur 11.24: Timefordeling i komfortklasser for vintersituation i stue i 2010.

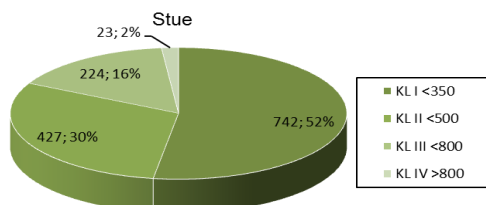
2011



Figur 11.25: Timefordeling i komfortklasser for vintersituation i køkken/alrum i 2011.



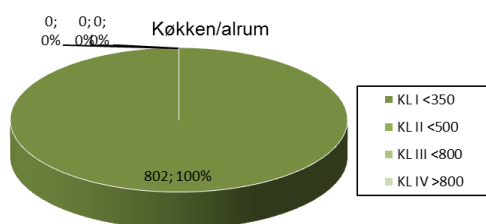
Figur 11.26: Timefordeling i komfortklasser for vintersituation i værelse i 2011.



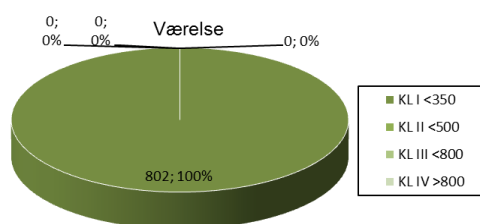
Figur 11.27: Timefordeling i komfortklasser for vintersituation i stue i 2011.

#### 11.1.4 Forårssituation

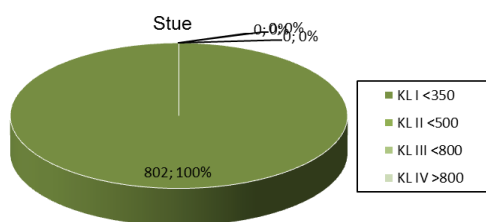
2009



Figur 11.28: Timefordeling i komfortklasser for forårssituation i køkken/alrum i 2009.

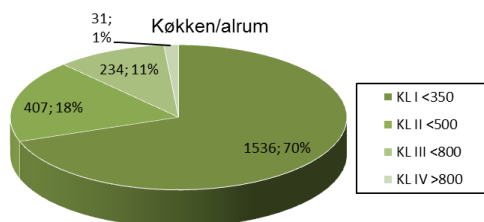


Figur 11.29: Timefordeling i komfortklasser for forårssituation i værelse i 2009.

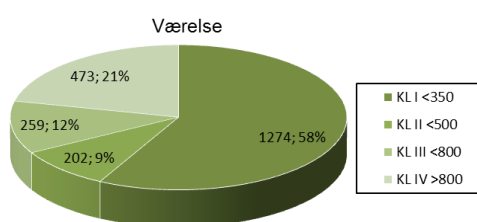


Figur 11.30: Timefordeling i komfortklasser for forårssituation i stue i 2009.

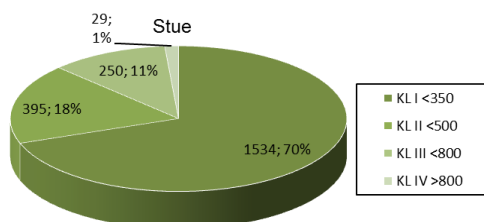
2010



Figur 11.31: Timefordeling i komfortklasser for forårssituation i køkken/alrum i 2010.

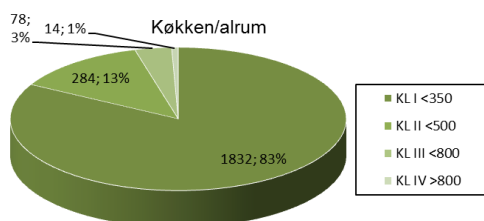


Figur 11.32: Timefordeling i komfortklasser for forårssituation i værelse i 2010.

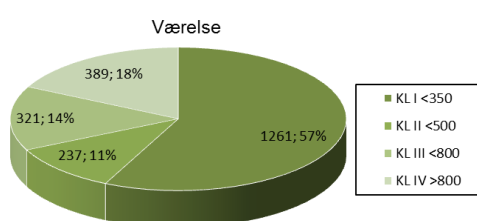


Figur 11.33: Timefordeling i komfortklasser for forårssituation i stue i 2010.

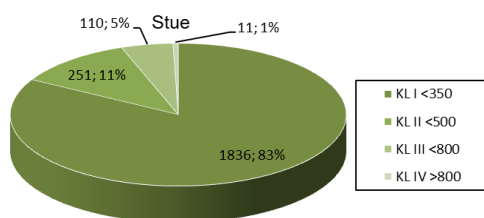
2011



Figur 11.34: Timefordeling i komfortklasser for forårssituation i køkken/alrum i 2011.



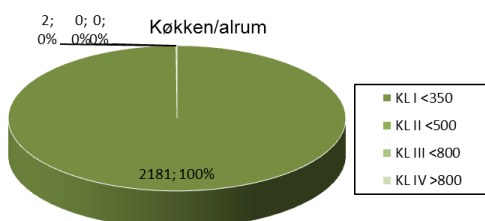
Figur 11.35: Timefordeling i komfortklasser for forårssituation i værelse i 2011.



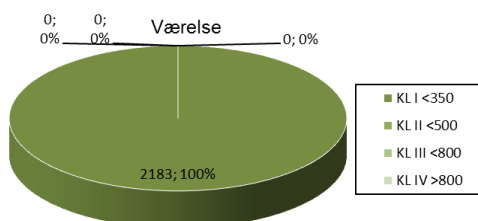
Figur 11.36: Timefordeling i komfortklasser for forårssituation i stue i 2011.

## 11.1.5 Efterårssituation

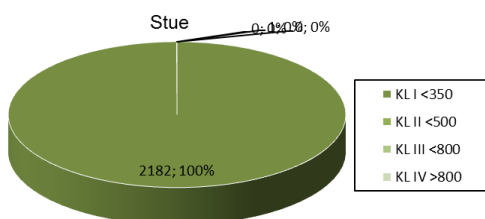
2009



Figur 11.37: Timefordeling i komfortklasser for efterårssituation i køkken/alrum i 2009.

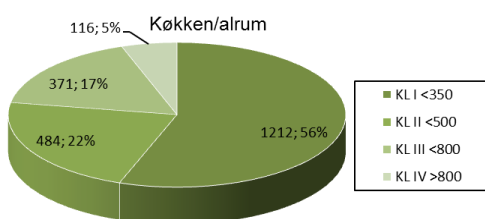


Figur 11.38: Timefordeling i komfortklasser for efterårssituation i værelse i 2009.

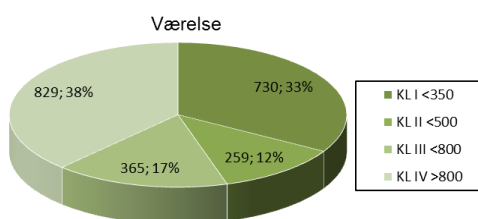


Figur 11.39: Timefordeling i komfortklasser for efterårssituation i stue i 2009.

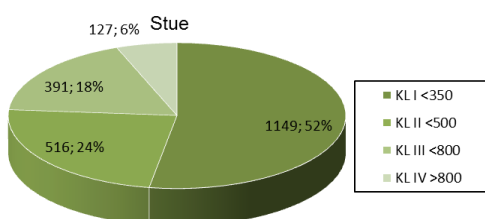
2010



Figur 11.40: Timefordeling i komfortklasser for efterårssituation i køkken/alrum i 2010.

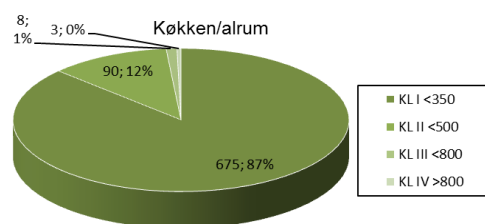


Figur 11.41: Timefordeling i komfortklasser for efterårssituation i værelse i 2010.

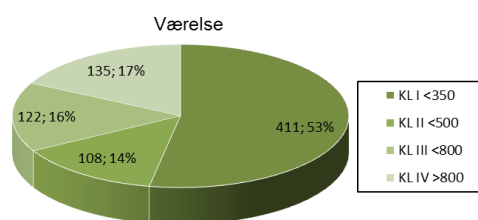


Figur 11.42: Timefordeling i komfortklasser for efterårssituation i stue i 2010.

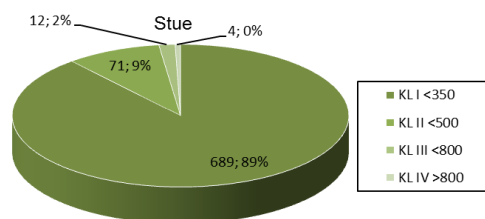
2011



Figur 11.43: Timefordeling i komfortklasser for efterårssituation i køkken/alrum i 2011.



Figur 11.44: Timefordeling i komfortklasser for efterårssituation i værelse i 2011.



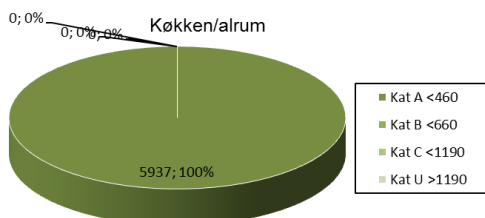
Figur 11.45: Timefordeling i komfortklasser for efterårssituation i stue i 2011.

## 11.2 Cirkeldiagrammer CR1752

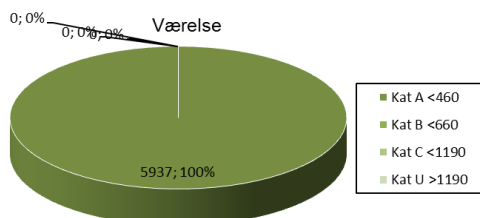
Cirkeldiagrammerne angiver hhv timer og % i hver kategori.

### 11.2.1 Generel situation hele året

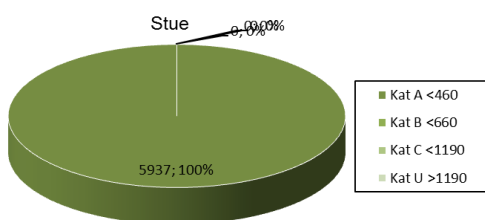
2009



Figur 11.46: Timefordeling i komfortklasser for hele året i køkken/alrum i 2009.

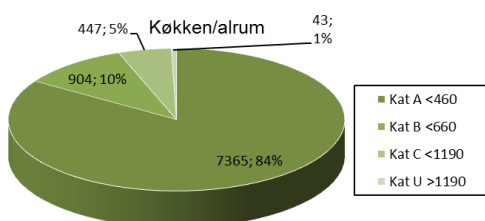


Figur 11.47: Timefordeling i komfortklasser for hele året i værelse i 2009.

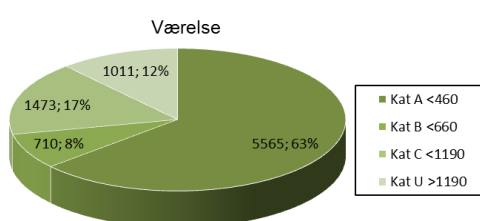


Figur 11.48: Timefordeling i komfortklasser for hele året i stue i 2009.

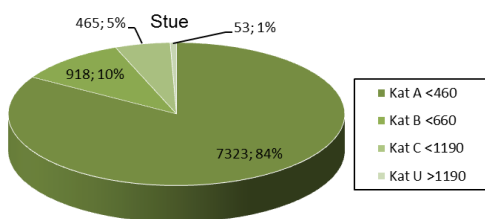
2010



Figur 11.49: Timefordeling i komfortklasser for hele året i køkken/alrum i 2010.



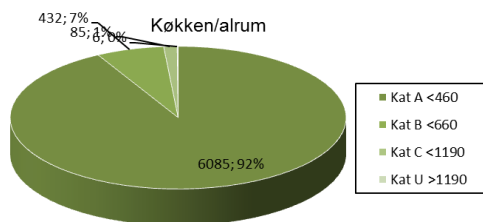
Figur 11.50: Timefordeling i komfortklasser for hele året i værelse i 2010.



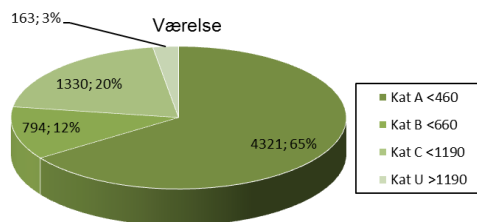
Figur 11.51: Timefordeling i komfortklasser for hele året i stue i 2010.



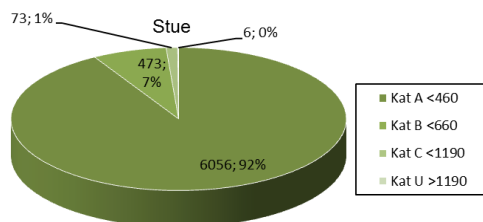
2011



Figur 11.52: Timefordeling i komfortklasser for hele året i køkken/alrum i 2011.



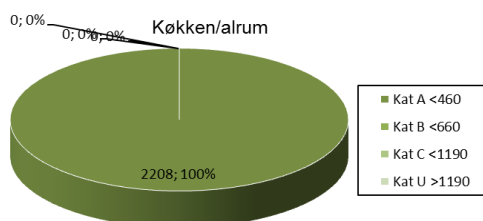
Figur 11.53: Timefordeling i komfortklasser for hele året i værelse i 2011.



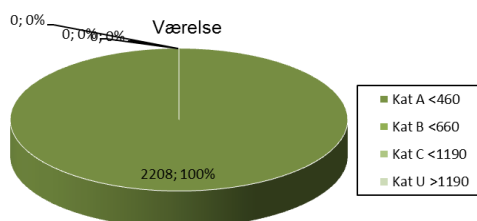
Figur 11.54: Timefordeling i komfortklasser for hele året i stue i 2011.

## 11.2.2 Sommersituation

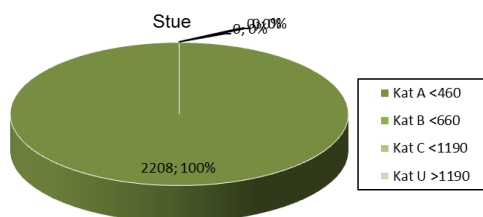
2009



Figur 11.55: Timefordeling i komfortklasser for sommersituation i køkken/alrum i 2009.

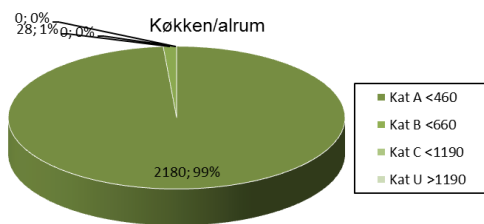


Figur 11.56: Timefordeling i komfortklasser for sommersituation i værelse i 2009.

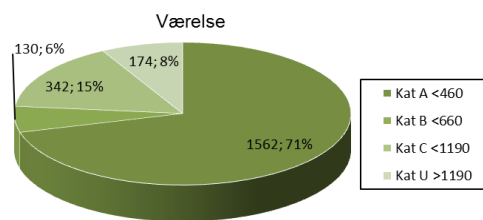


Figur 11.57: Timefordeling i komfortklasser for sommersituation i stue i 2009.

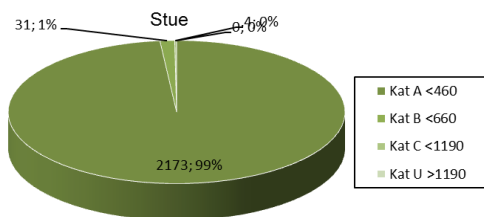
2010



Figur 11.58: Timefordeling i komfortklasser for sommersituation i køkken/alrum i 2010.

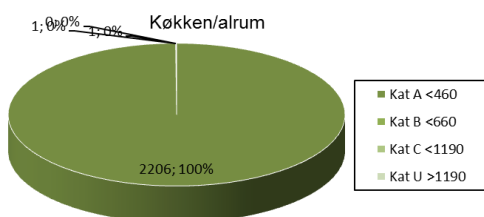


Figur 11.59: Timefordeling i komfortklasser for sommersituation i værelse i 2010.

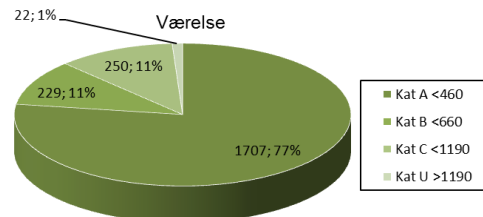


Figur 11.60: Timefordeling i komfortklasser for sommersituation i stue i 2010.

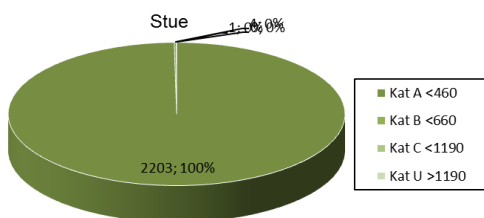
2011



Figur 11.61: Timefordeling i komfortklasser for sommersituation i køkken/alrum i 2011.



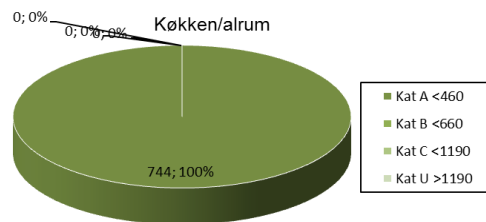
Figur 11.62: Timefordeling i komfortklasser for sommersituation i værelse i 2011.



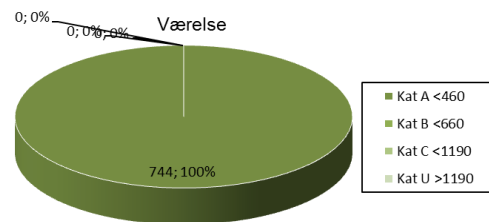
Figur 11.63: Timefordeling i komfortklasser for sommersituation i stue i 2011.

### 11.2.3 Vintersituation

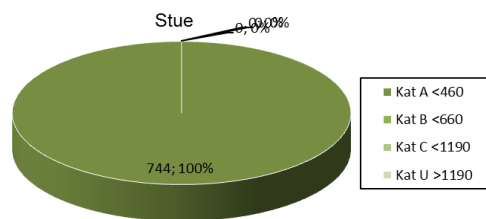
2009



Figur 11.64: Timefordeling i komfortklasser for vintersituation i køkken/alrum i 2009.

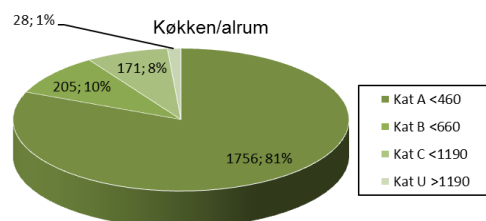


Figur 11.65: Timefordeling i komfortklasser for vintersituation i værelse i 2009.

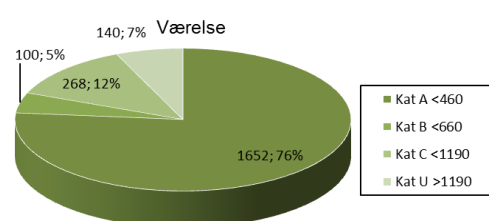


Figur 11.66: Timefordeling i komfortklasser for vintersituation i stue i 2009.

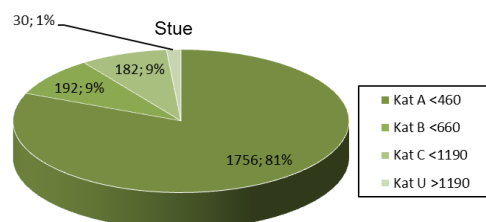
2010



Figur 11.67: Timefordeling i komfortklasser for vintersituation i køkken/alrum i 2010.

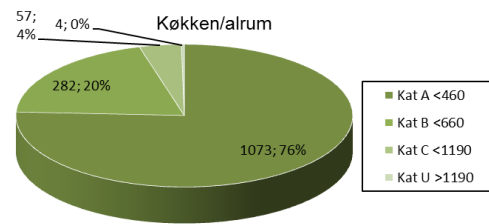


Figur 11.68: Timefordeling i komfortklasser for vintersituation i værelse i 2010.

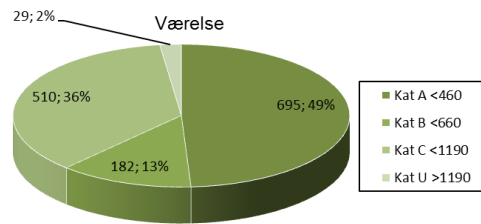


Figur 11.69: Timefordeling i komfortklasser for vintersituation i stue i 2010.

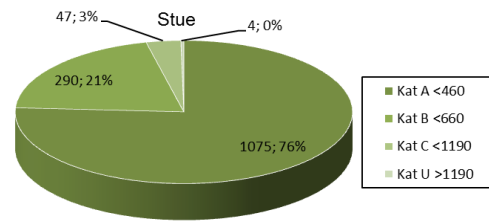
2011



Figur 11.70: Timefordeling i komfortklasser for vintersituation i køkken/alrum i 2011.



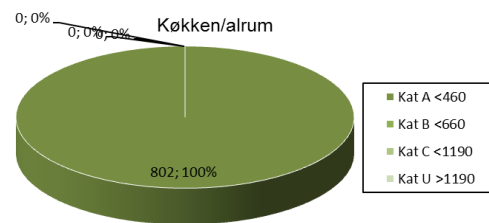
Figur 11.71: Timefordeling i komfortklasser for vintersituation i værelse i 2011.



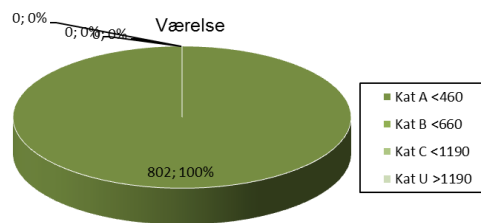
Figur 11.72: Timefordeling i komfortklasser for vintersituation i stue i 2011.

## 11.2.4 Forårssituation

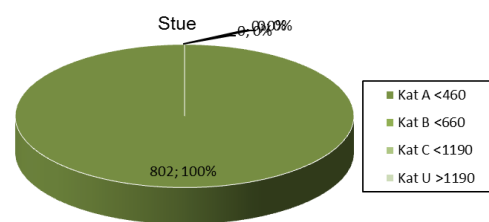
2009



Figur 11.73: Timefordeling i komfortklasser for forårssituation i køkken/alrum i 2009.

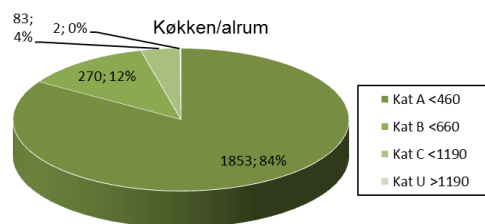


Figur 11.74: Timefordeling i komfortklasser for forårssituation i værelse i 2009.

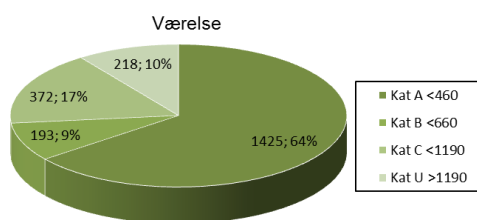


Figur 11.75: Timefordeling i komfortklasser for forårssituation i stue i 2009.

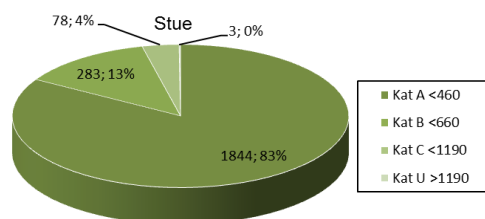
2010



Figur 11.76: Timefordeling i komfortklasser for forårssituation i køkken/alrum i 2010.

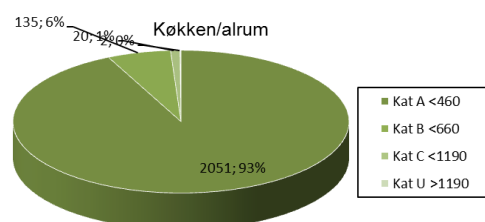


Figur 11.77: Timefordeling i komfortklasser for forårssituation i værelse i 2010.

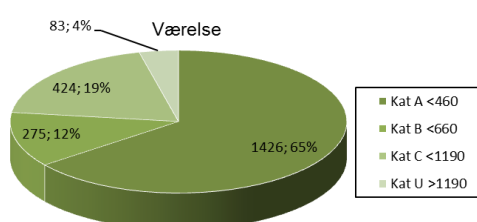


Figur 11.78: Timefordeling i komfortklasser for forårssituation i stue i 2010.

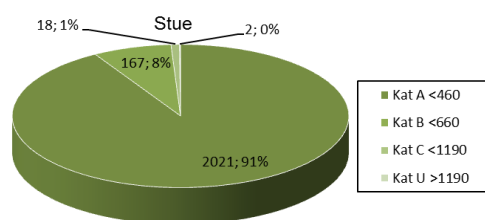
2011



Figur 11.79: Timefordeling i komfortklasser for forårssituation i køkken/alrum i 2011.



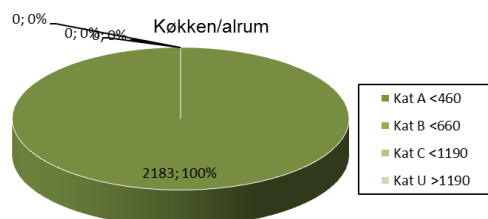
Figur 11.80: Timefordeling i komfortklasser for forårssituation i værelse i 2011.



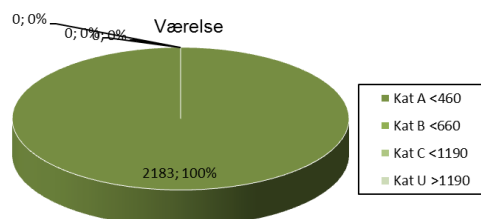
Figur 11.81: Timefordeling i komfortklasser for forårssituation i stue i 2011.

## 11.2.5 Efterårssituation

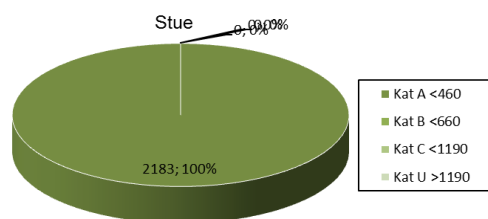
2009



Figur 11.82: Timefordeling i komfortklasser for efterårssituation i køkken/alrum i 2009.

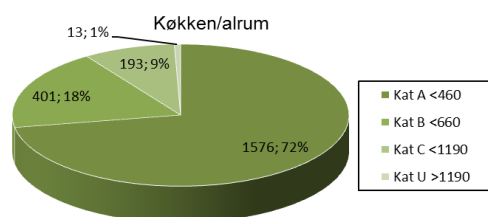


Figur 11.83: Timefordeling i komfortklasser for efterårssituation i værelse i 2009.

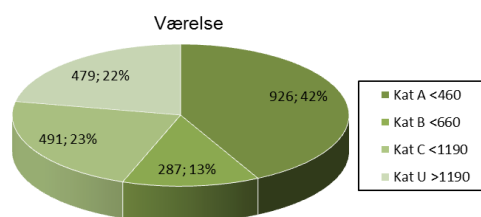


Figur 11.84: Timefordeling i komfortklasser for efterårssituation i stue i 2009.

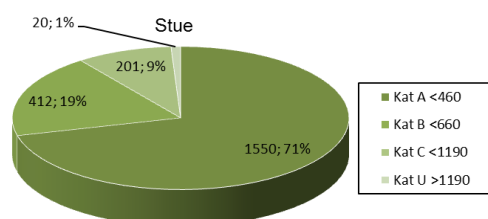
2010



Figur 11.85: Timefordeling i komfortklasser for efterårssituation i køkken/alrum i 2010.

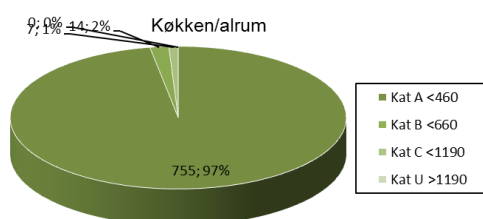


Figur 11.86: Timefordeling i komfortklasser for efterårssituation i værelse i 2010.

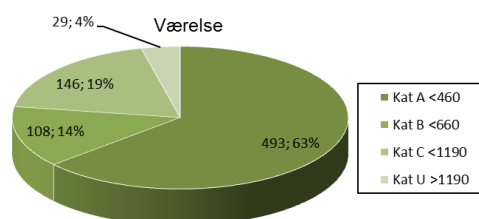


Figur 11.87: Timefordeling i komfortklasser for efterårssituation i stue i 2010.

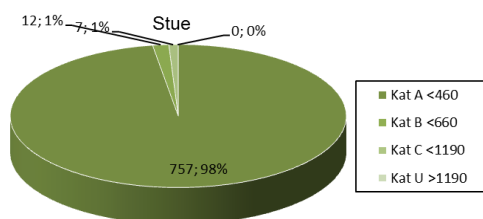
2011



Figur 11.88: Timefordeling i komfortklasser for efterårssituation i køkken/alrum i 2011.



Figur 11.89: Timefordeling i komfortklasser for efterårssituation i værelse i 2011.



Figur 11.90: Timefordeling i komfortklasser for efterårssituation i stue i 2011.

## 12. Bilag D – Atmosfærisk indeklima (fugt)

Dette bilag indeholder diagrammer for den relative luftfugtighed i huset opdelt på forskellige sæsoner i løbet af året. Vurderingen er lavet på baggrund af både CR1752 og DS/EN 15251, som beskrevet i afsnit 2.2.2.

Sæsonerne er defineret som:

Forår: marts, april, maj

Sommer: juni, juli, august

Efterår: september, oktober, november

Vinter: Januar, februar, december (samme år!)

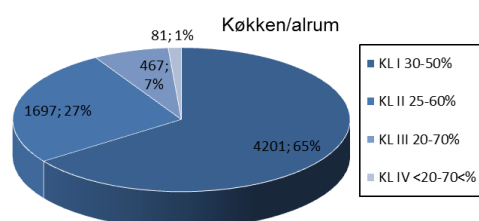
Vinteren 2009 er kun baseret på december, da huset stod tomt januar og februar.

### 12.1 Cirkeldiagrammer DS/EN 15251

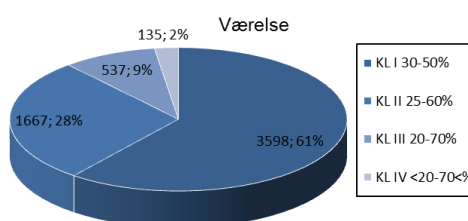
Cirkeldiagrammerne angiver hhv timer og % i hver kategori.

#### 12.1.1 Generel situation hele året

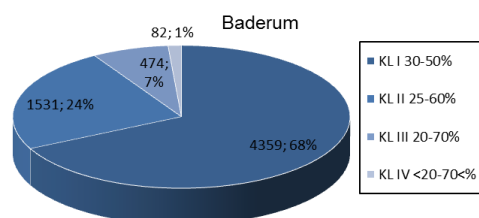
2009



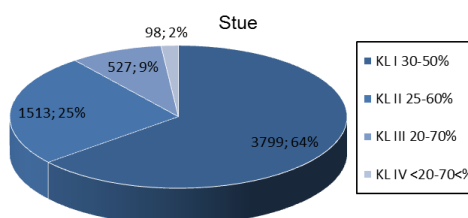
Figur 12.1: Timefordeling i komfortklasser for hele året i køkken/alrum i 2009.



Figur 12.2: Timefordeling i komfortklasser for hele året i værelse i 2009.

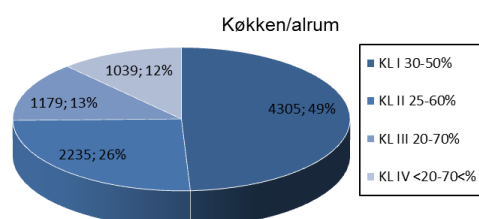


Figur 12.3: Timefordeling i komfortklasser for hele året i baderum i 2009.

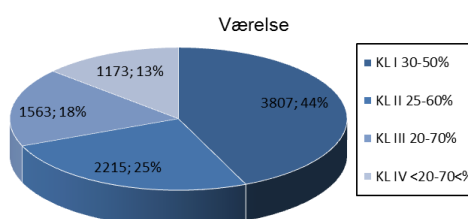


Figur 12.4: Timefordeling i komfortklasser for hele året i stue i 2009.

2010

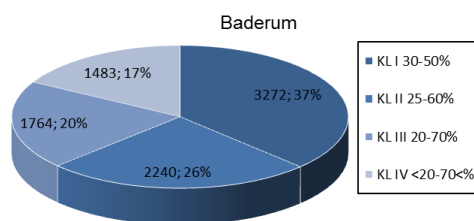


Figur 12.5: Timefordeling i komfortklasser for hele året i køkken/alrum i 2010.

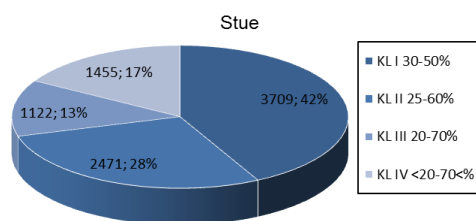


Figur 12.6: Timefordeling i komfortklasser for hele året i værelse i 2010.



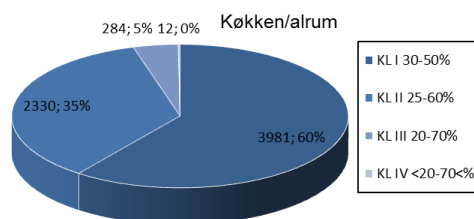


Figur 12.7: Timefordeling i komfortklasser for hele året i baderum i 2010.

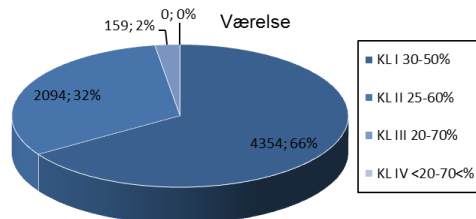


Figur 12.8: Timefordeling i komfortklasser for hele året i stue i 2010.

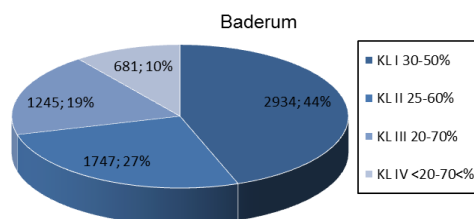
## 2011



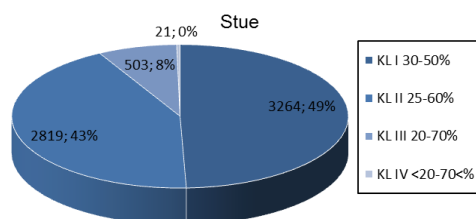
Figur 12.9: Timefordeling i komfortklasser for hele året i køkken/alrum i 2011.



Figur 12.10: Timefordeling i komfortklasser for hele året i værelse i 2011.



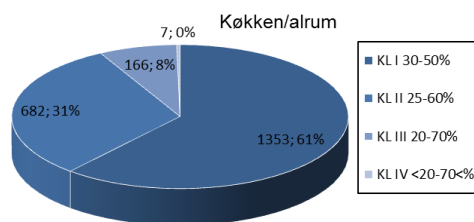
Figur 12.11: Timefordeling i komfortklasser for hele året i baderum i 2011.



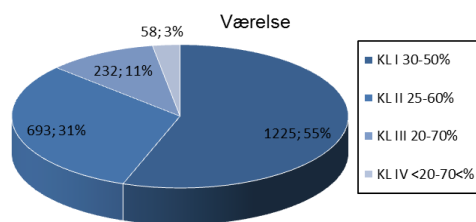
Figur 12.12: Timefordeling i komfortklasser for hele året i stue i 2011.

## 12.1.2 Sommersituation

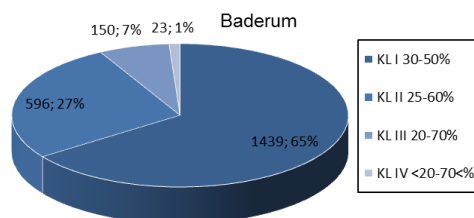
### 2009



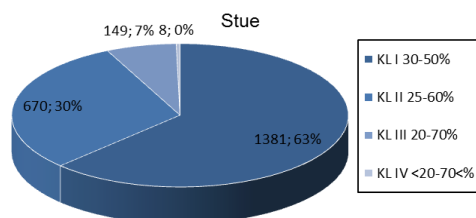
Figur 12.13: Timefordeling i komfortklasser for sommersituation i køkken/alrum i 2009.



Figur 12.14: Timefordeling i komfortklasser for sommersituation i værelse i 2009.

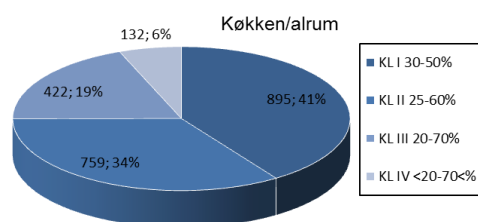


Figur 12.15: Timefordeling i komfortklasser for sommersituation i baderum i 2009.

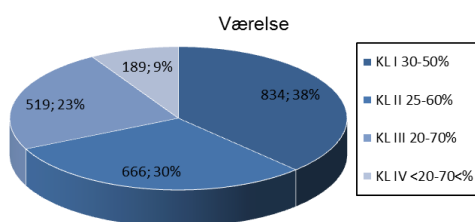


Figur 12.16: Timefordeling i komfortklasser for sommersituation i stue i 2009.

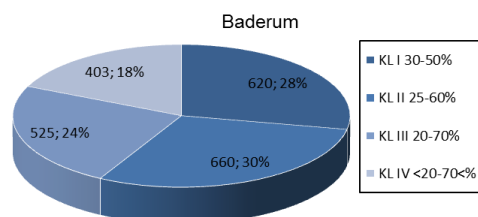
2010



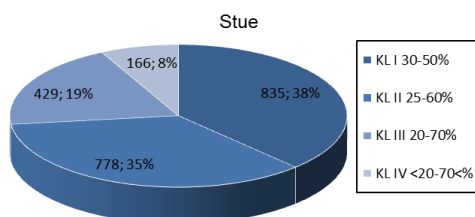
Figur 12.17: Timefordeling i komfortklasser for sommersituation i køkken/alrum i 2010.



Figur 12.18: Timefordeling i komfortklasser for sommersituation i værelse i 2010.

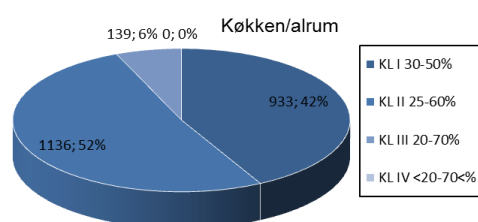


Figur 12.19: Timefordeling i komfortklasser for sommersituation i baderum i 2010.

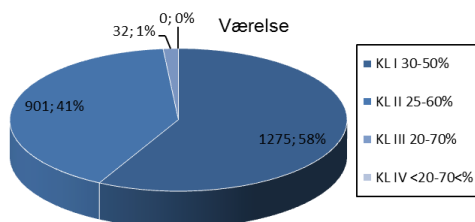


Figur 12.20: Timefordeling i komfortklasser for sommersituation i stue i 2010.

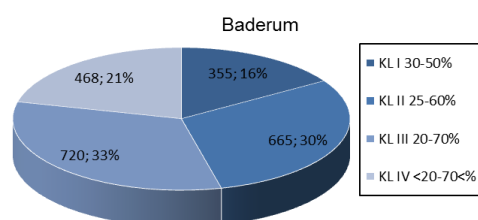
2011



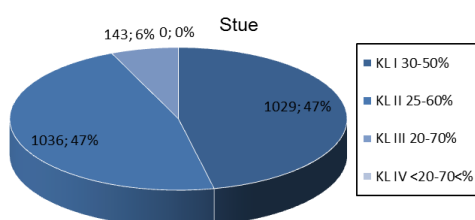
Figur 12.21: Timefordeling i komfortklasser for sommersituation i køkken/alrum i 2011.



Figur 12.22: Timefordeling i komfortklasser for sommersituation i værelse i 2011.



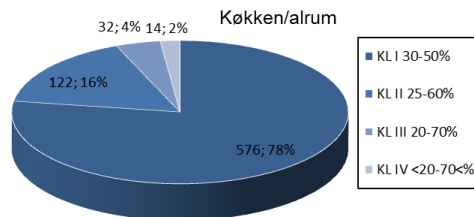
Figur 12.23: Timefordeling i komfortklasser for sommersituation i baderum i 2011.



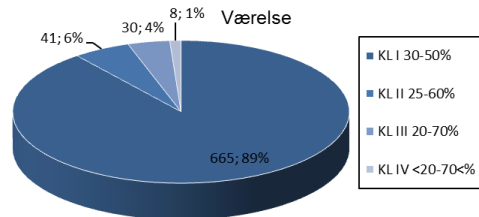
Figur 12.24: Timefordeling i komfortklasser for sommersituation i stue i 2011.

### 12.1.3 Vintersituation

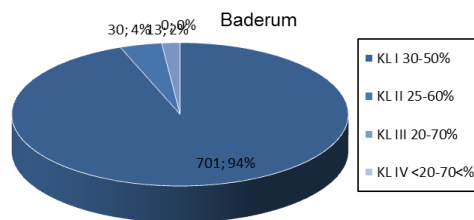
2009



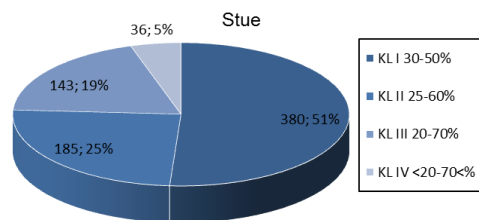
Figur 12.25: Timefordeling i komfortklasser for vintersituation i køkken/alrum i 2009.



Figur 12.26: Timefordeling i komfortklasser for vintersituation i værelse i 2009.

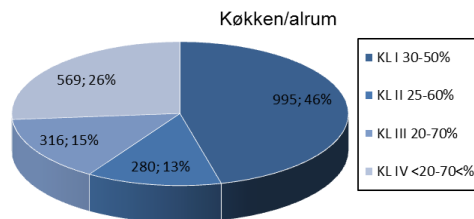


Figur 12.27: Timefordeling i komfortklasser for vintersituation i baderum i 2009.

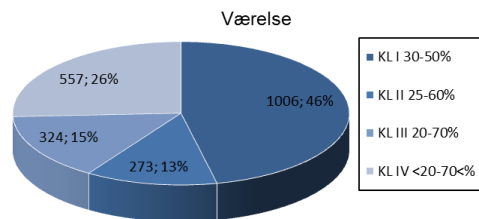


Figur 12.28: Timefordeling i komfortklasser for vintersituation i stue i 2009.

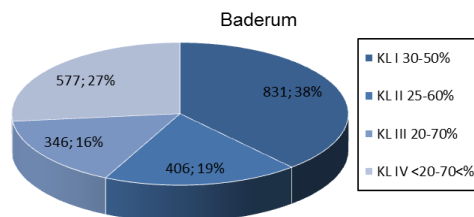
2010



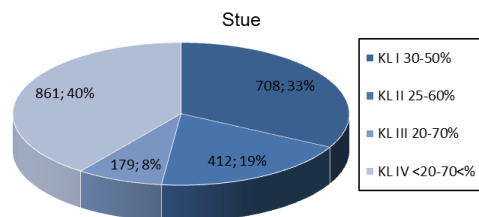
Figur 12.29: Timefordeling i komfortklasser for vintersituation i køkken/alrum i 2010.



Figur 12.30: Timefordeling i komfortklasser for vintersituation i værelse i 2010.

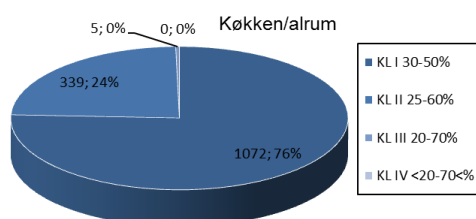


Figur 12.31: Timefordeling i komfortklasser for vintersituation i baderum i 2010.

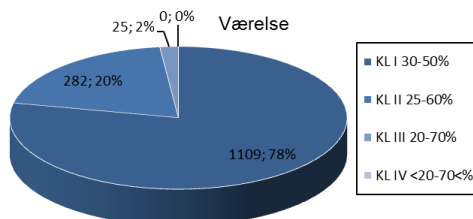


Figur 12.32: Timefordeling i komfortklasser for vintersituation i stue i 2010.

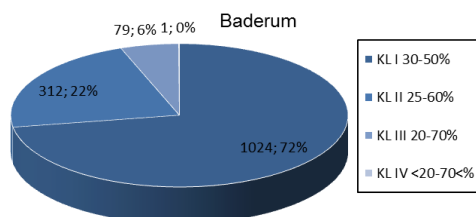
2011



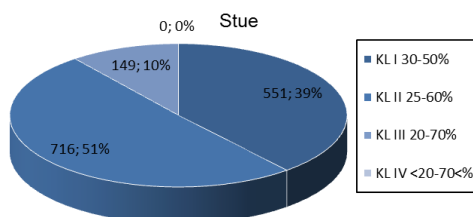
Figur 12.33: Timefordeling i komfortklasser for vintersituation i køkken/alrum i 2011.



Figur 12.34: Timefordeling i komfortklasser for vintersituation i værelse i 2011.



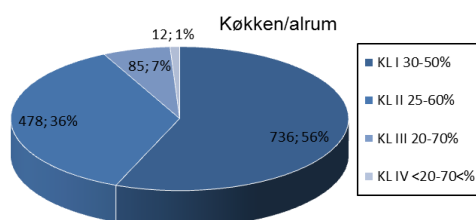
Figur 12.35: Timefordeling i komfortklasser for vintersituation i baderum i 2011.



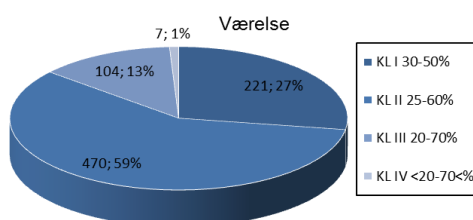
Figur 12.36: Timefordeling i komfortklasser for vintersituation i stue i 2011.

#### 12.1.4 Forårssituation

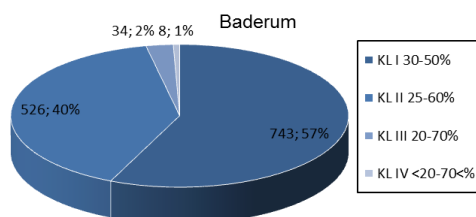
2009



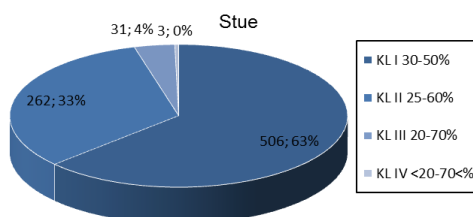
Figur 12.37: Timefordeling i komfortklasser for forårssituation i køkken/alrum i 2009.



Figur 12.38: Timefordeling i komfortklasser for forårssituation i værelse i 2009.

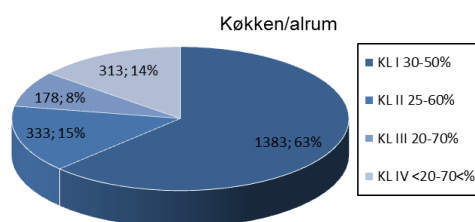


Figur 12.39: Timefordeling i komfortklasser for forårssituation i baderum i 2009.

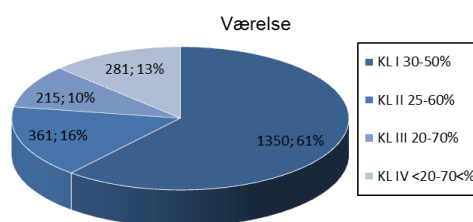


Figur 12.40: Timefordeling i komfortklasser for forårssituation i stue i 2009.

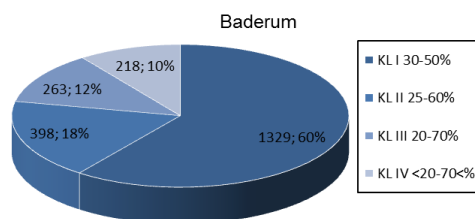
## 2010



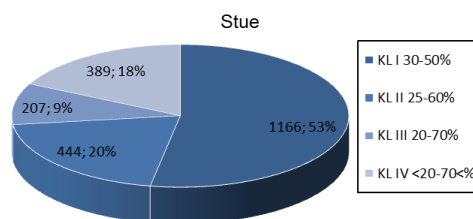
Figur 12.41: Timefordeling i komfortklasser for forårssituation i køkken/alrum i 2010.



Figur 12.42: Timefordeling i komfortklasser for forårssituation i værelse i 2010.

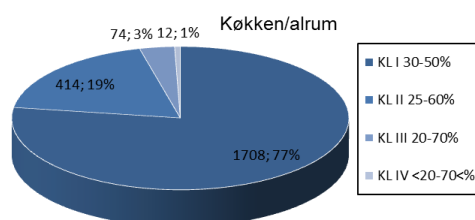


Figur 12.43: Timefordeling i komfortklasser for forårssituation i baderum i 2010.

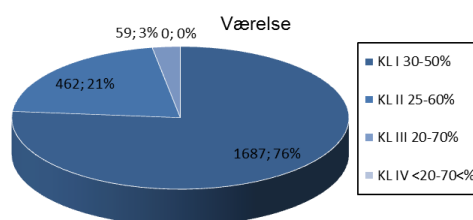


Figur 12.44: Timefordeling i komfortklasser for forårssituation i stue i 2010.

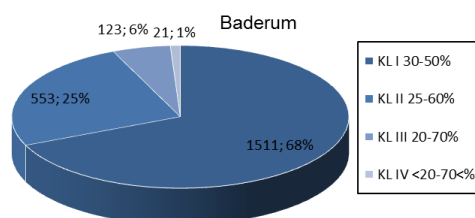
## 2011



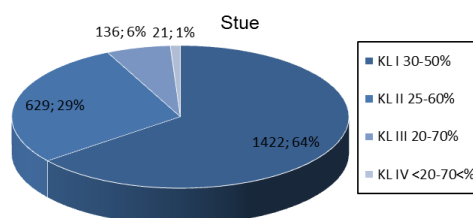
Figur 12.45: Timefordeling i komfortklasser for forårssituation i køkken/alrum i 2011.



Figur 12.46: Timefordeling i komfortklasser for forårssituation i værelse i 2011.



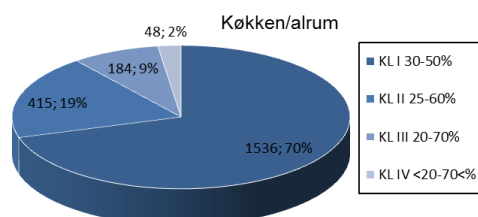
Figur 12.47: Timefordeling i komfortklasser for forårssituation i baderum i 2011.



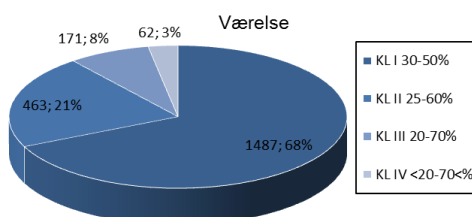
Figur 12.48: Timefordeling i komfortklasser for forårssituation i stue i 2011.

## 12.1.5 Efterårssituation

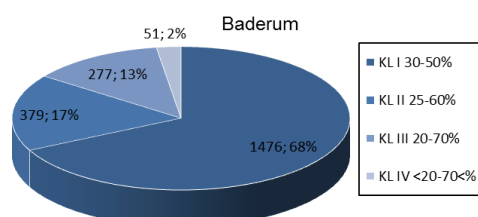
2009



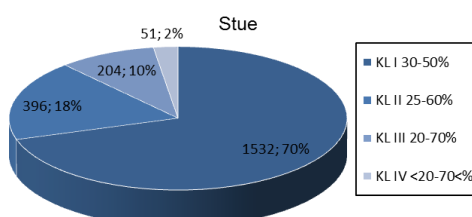
Figur 12.49: Timefordeling i komfortklasser for efterårssituation i køkken/alrum i 2009.



Figur 12.50: Timefordeling i komfortklasser for efterårssituation i værelse i 2009.

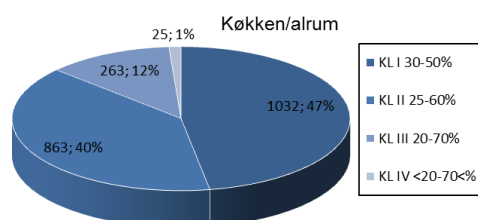


Figur 12.51: Timefordeling i komfortklasser for efterårssituation i baderum i 2009.

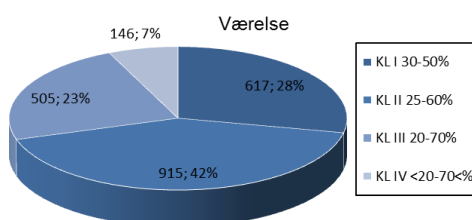


Figur 12.52: Timefordeling i komfortklasser for efterårssituation i stue i 2009.

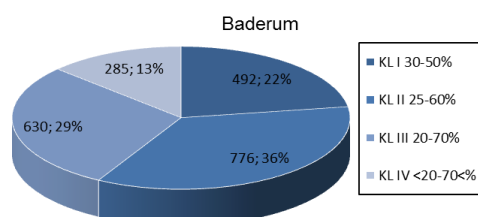
2010



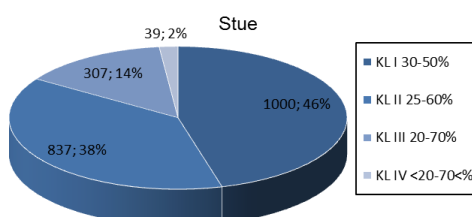
Figur 12.53: Timefordeling i komfortklasser for efterårssituation i køkken/alrum i 2010.



Figur 12.54: Timefordeling i komfortklasser for efterårssituation i værelse i 2010.

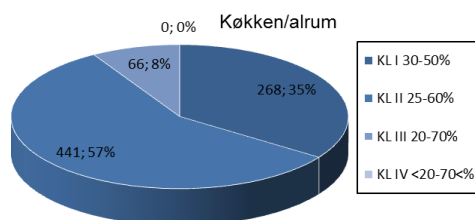


Figur 12.55: Timefordeling i komfortklasser for efterårssituation i baderum i 2010.

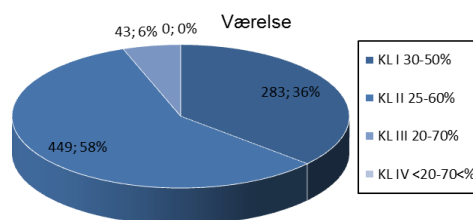


Figur 12.56: Timefordeling i komfortklasser for efterårssituation i stue i 2010.

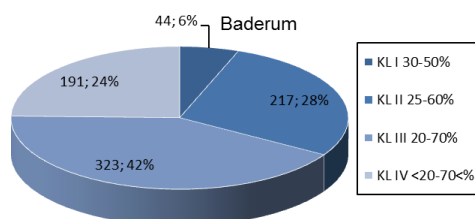
2011



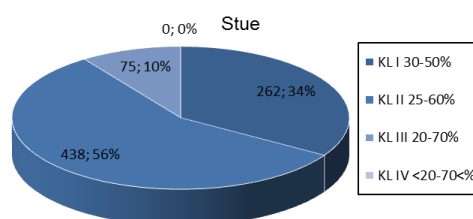
Figur 12.57: Timefordeling i komfortklasser for efterårssituation i køkken/alrum i 2011.



Figur 12.58: Timefordeling i komfortklasser for efterårssituation i værelse i 2011.



Figur 12.59: Timefordeling i komfortklasser for efterårssituation i baderum i 2011.



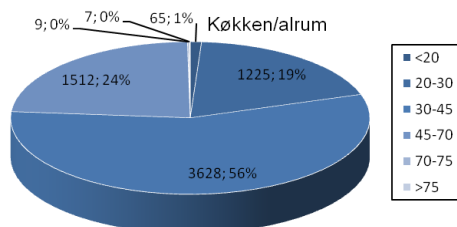
Figur 12.60: Timefordeling i komfortklasser for efterårssituation i stue i 2011.

## 12.2 Cirkeldiagrammer CR1752

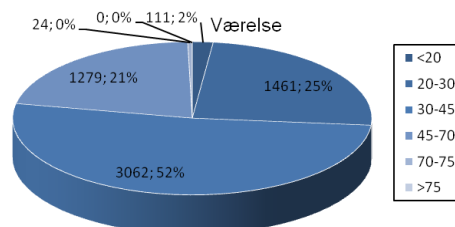
Cirkeldiagrammerne angiver hhv timer og % i hver kategori.

### 12.2.1 Generel situation hele året

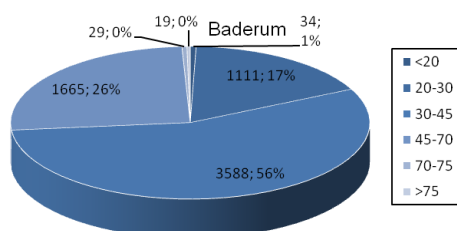
2009



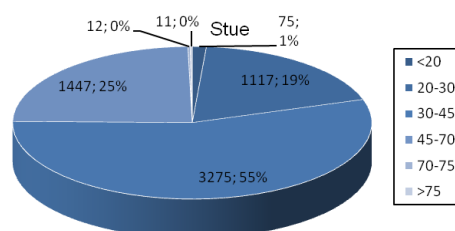
Figur 12.61: Timefordeling i komfortklasser for hele året i køkken/alrum i 2009.



Figur 12.62: Timefordeling i komfortklasser for hele året i værelse i 2009.

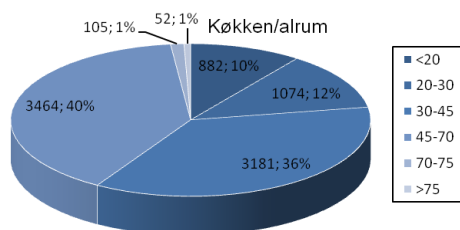


Figur 12.63: Timefordeling i komfortklasser for hele året i baderum i 2009.

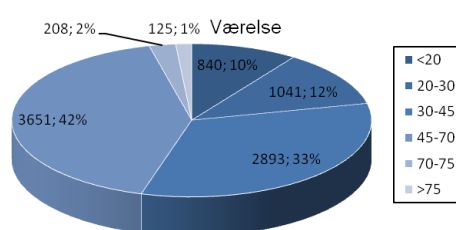


Figur 12.64: Timefordeling i komfortklasser for hele året i stue i 2009.

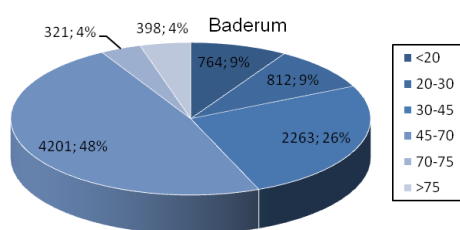
2010



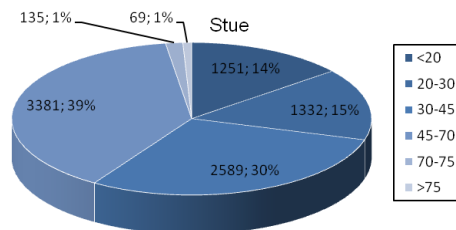
Figur 12.65: Timefordeling i komfortklasser for hele året i køkken/alrum i 2010.



Figur 12.66: Timefordeling i komfortklasser for hele året i værelse i 2010.

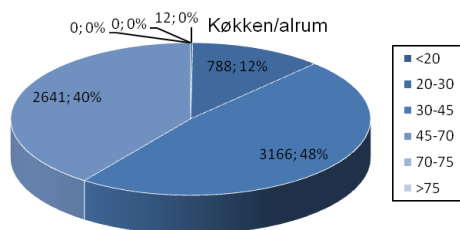


Figur 12.67: Timefordeling i komfortklasser for hele året i baderum i 2010.

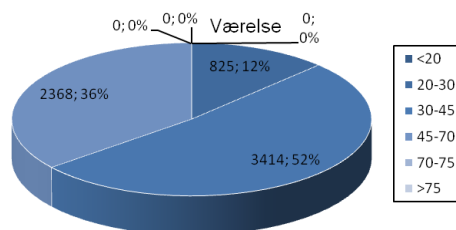


Figur 12.68: Timefordeling i komfortklasser for hele året i stue i 2010.

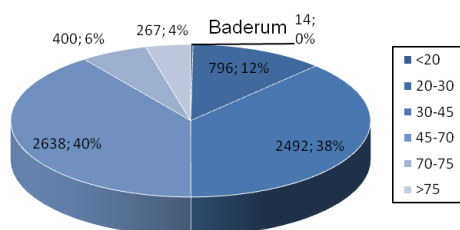
2011



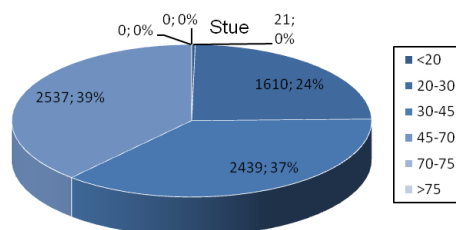
Figur 12.69: Timefordeling i komfortklasser for hele året i køkken/alrum i 2011.



Figur 12.70: Timefordeling i komfortklasser for hele året i værelse i 2011.



Figur 12.71: Timefordeling i komfortklasser for hele året i baderum i 2011.

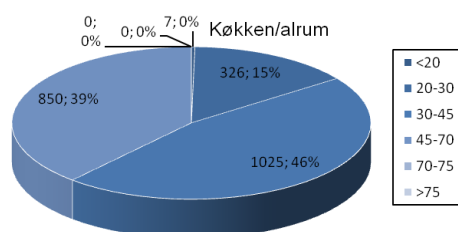


Figur 12.72: Timefordeling i komfortklasser for hele året i stue i 2011.

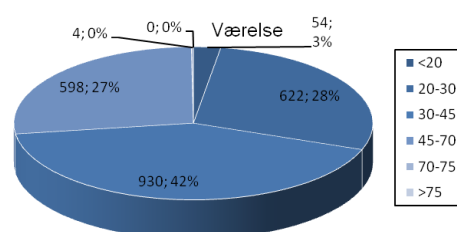


## 12.2.2 Sommersituation

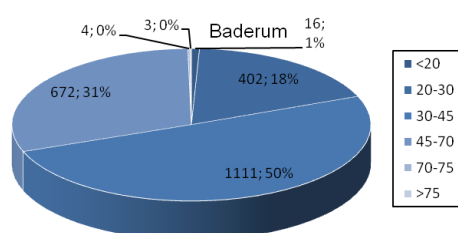
2009



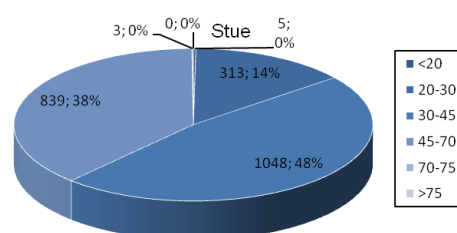
Figur 12.73: Timefordeling i komfortklasser for sommersituation i køkken/alrum i 2009.



Figur 12.74: Timefordeling i komfortklasser for sommersituation i værelse i 2009.

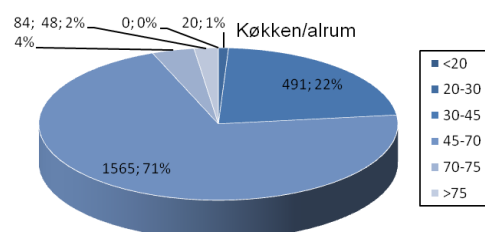


Figur 12.75: Timefordeling i komfortklasser for sommersituation i baderum i 2009.

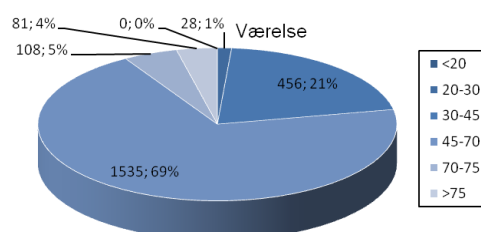


Figur 12.76: Timefordeling i komfortklasser for sommersituation i stue i 2009.

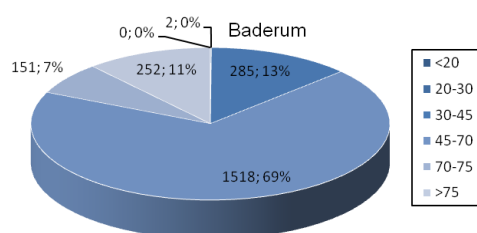
2010



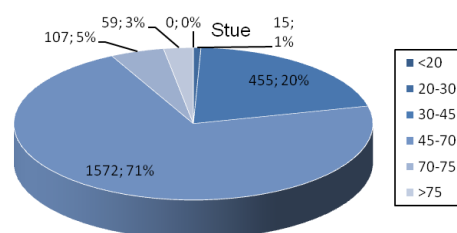
Figur 12.77: Timefordeling i komfortklasser for sommersituation i køkken/alrum i 2010.



Figur 12.78: Timefordeling i komfortklasser for sommersituation i værelse i 2010.

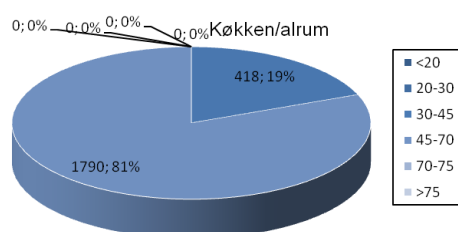


Figur 12.79: Timefordeling i komfortklasser for sommersituation i baderum i 2010.

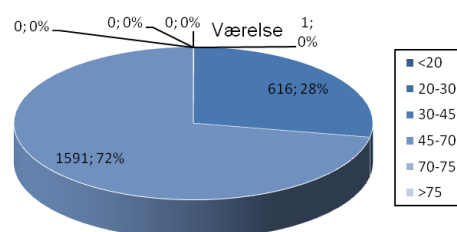


Figur 12.80: Timefordeling i komfortklasser for sommersituation i stue i 2010.

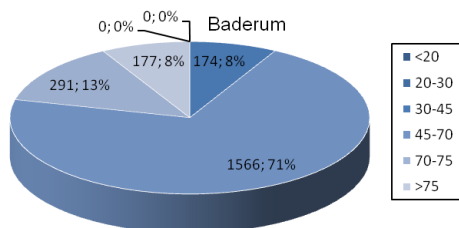
2011



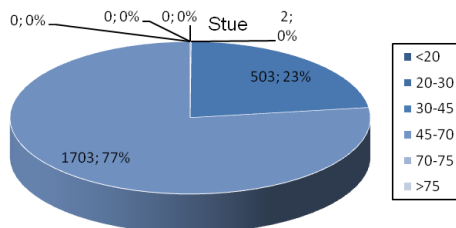
Figur 12.81: Timefordeling i komfortklasser for sommersituation i køkken/alrum i 2011.



Figur 12.82: Timefordeling i komfortklasser for sommersituation i værelse i 2011.



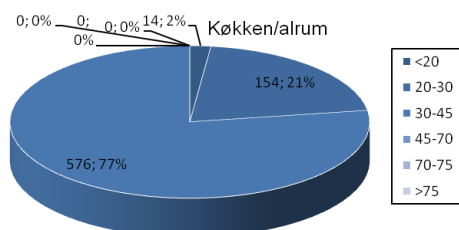
Figur 12.83: Timefordeling i komfortklasser for sommersituation i baderum i 2011.



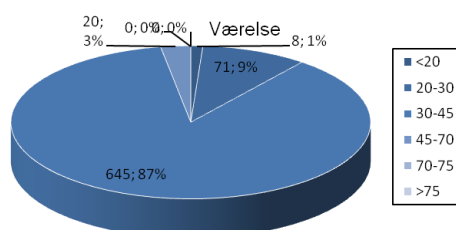
Figur 12.84: Timefordeling i komfortklasser for sommersituation i stue i 2011.

## 12.2.3 Vintersituation

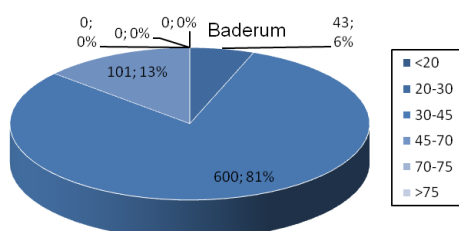
### 2009



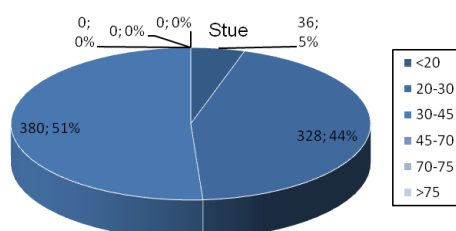
Figur 12.85: Timefordeling i komfortklasser for vintersituation i køkken/alrum i 2009.



Figur 12.86: Timefordeling i komfortklasser for vintersituation i værelse i 2009.

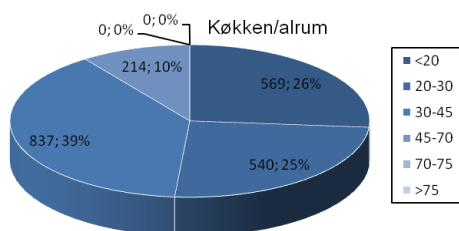


Figur 12.87: Timefordeling i komfortklasser for vintersituation i baderum i 2009.

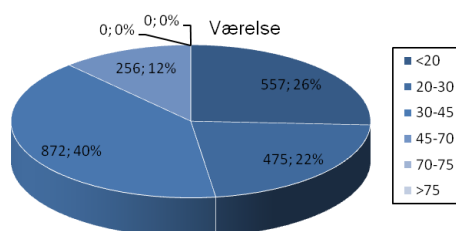


Figur 12.88: Timefordeling i komfortklasser for vintersituation i stue i 2009.

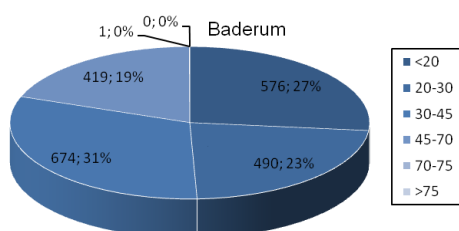
### 2010



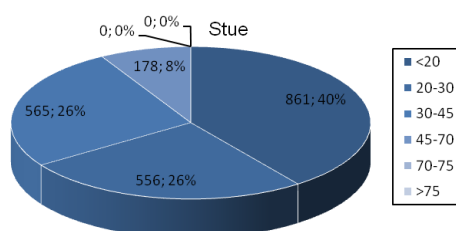
Figur 12.89: Timefordeling i komfortklasser for vintersituation i køkken/alrum i 2010.



Figur 12.90: Timefordeling i komfortklasser for vintersituation i værelse i 2010.

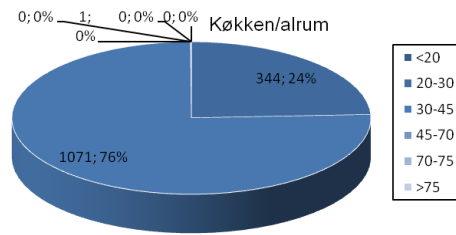


Figur 12.91: Timefordeling i komfortklasser for vintersituation i baderum i 2010.

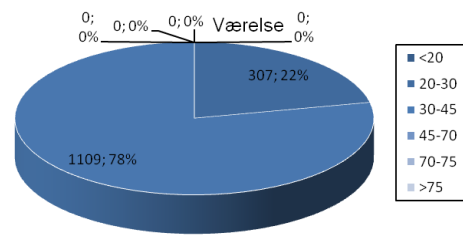


Figur 12.92: Timefordeling i komfortklasser for vintersituation i stue i 2010.

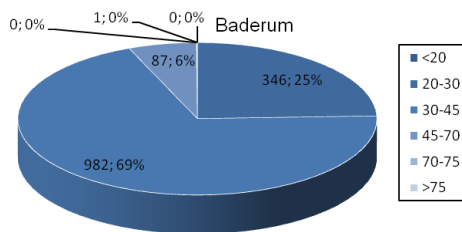
2011



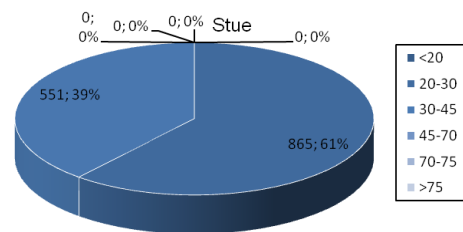
Figur 12.93: Timefordeling i komfortklasser for vintersituation i køkken/alrum i 2011.



Figur 12.94: Timefordeling i komfortklasser for vintersituation i værelse i 2011.



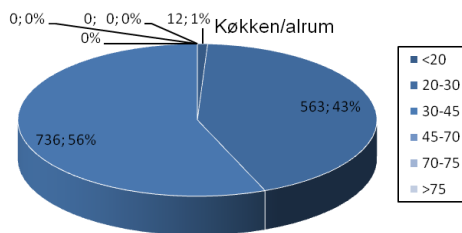
Figur 12.95: Timefordeling i komfortklasser for vintersituation i baderum i 2011.



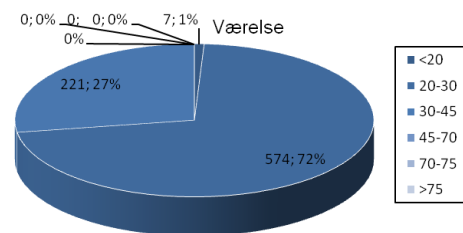
Figur 12.96: Timefordeling i komfortklasser for vintersituation i stue i 2011.

## 12.2.4 Forårssituation

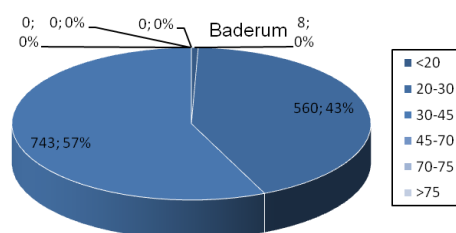
2009



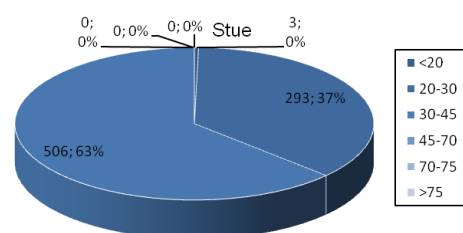
Figur 12.97: Timefordeling i komfortklasser for forårssituation i køkken/alrum i 2009.



Figur 12.98: Timefordeling i komfortklasser for forårssituation i værelse i 2009.

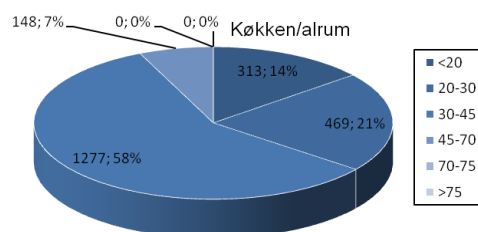


Figur 12.99: Timefordeling i komfortklasser for forårssituation i baderum i 2009.

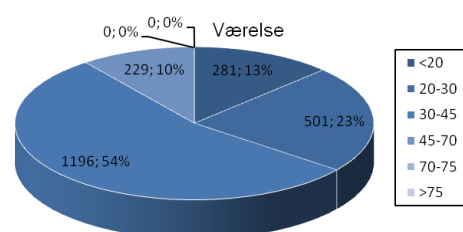


Figur 12.100: Timefordeling i komfortklasser for forårssituation i stue i 2009.

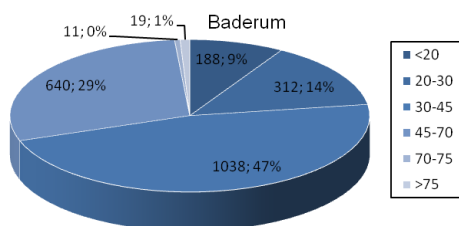
2010



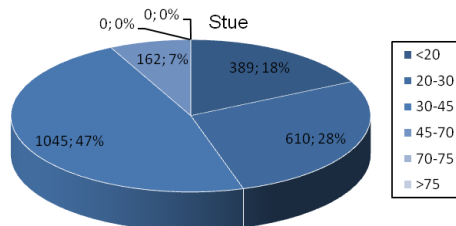
Figur 12.101: Timefordeling i komfortklasser for forårssituation i køkken/alrum i 2010.



Figur 12.102: Timefordeling i komfortklasser for forårssituation i værelse i 2010.

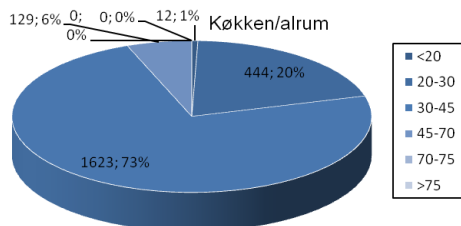


Figur 12.103: Timefordeling i komfortklasser for forårssituation i baderum i 2010.

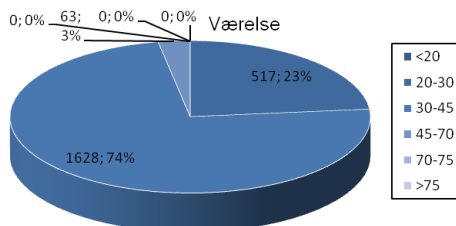


Figur 12.104: Timefordeling i komfortklasser for forårssituation i stue i 2010.

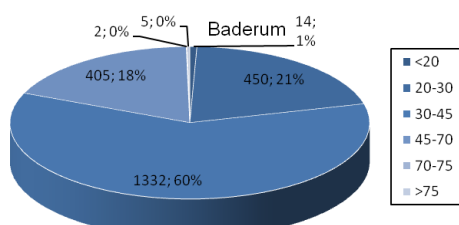
## 2011



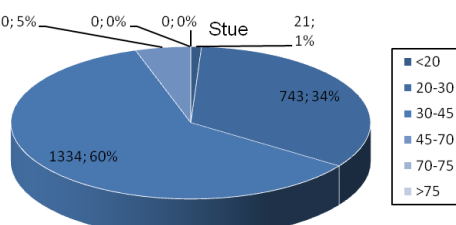
Figur 12.105: Timefordeling i komfortklasser for forårssituation i køkken/alrum i 2011.



Figur 12.106: Timefordeling i komfortklasser for forårssituation i værelse i 2011.



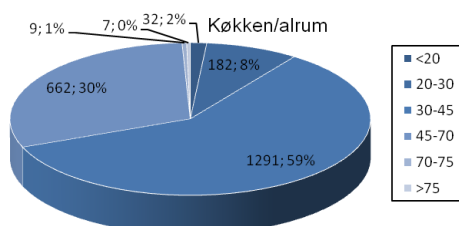
Figur 12.107: Timefordeling i komfortklasser for forårssituation i baderum i 2011.



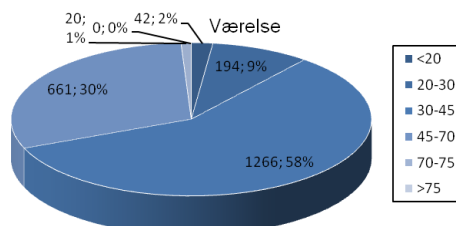
Figur 12.108: Timefordeling i komfortklasser for forårssituation i stue i 2011.

## 12.2.5 Efterårssituation

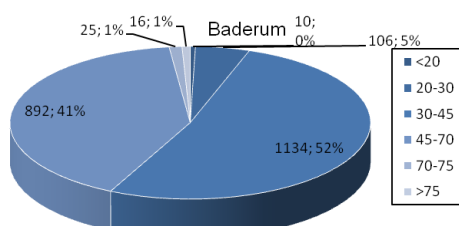
### 2009



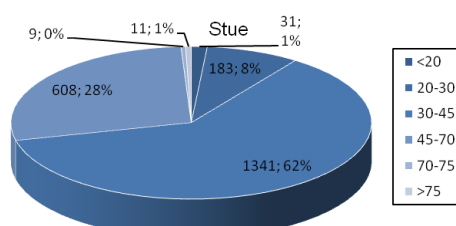
Figur 12.109: Timefordeling i komfortklasser for efterårssituation i køkken/alrum i 2009.



Figur 12.110: Timefordeling i komfortklasser for efterårssituation i værelse i 2009.

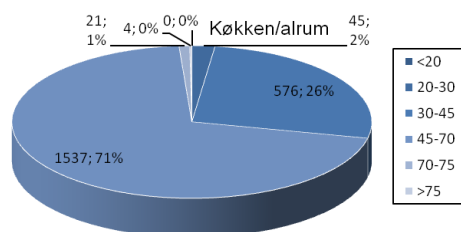


Figur 12.111: Timefordeling i komfortklasser for efterårssituation i baderum i 2009.

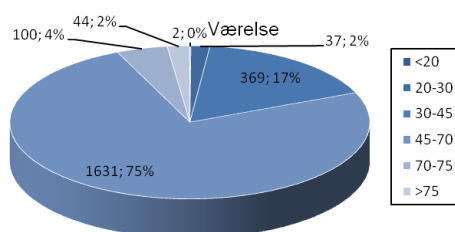


Figur 12.112: Timefordeling i komfortklasser for efterårssituation i stue i 2009.

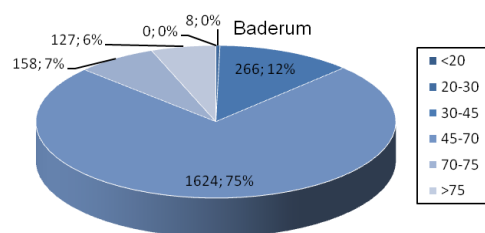
2010



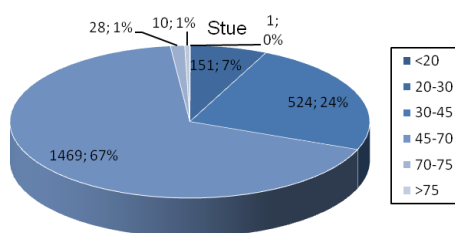
Figur 12.113: Timefordeling i komfortklasser for efterårssituation i køkken/alrum i 2010.



Figur 12.114: Timefordeling i komfortklasser for efterårssituation i værelse i 2010.

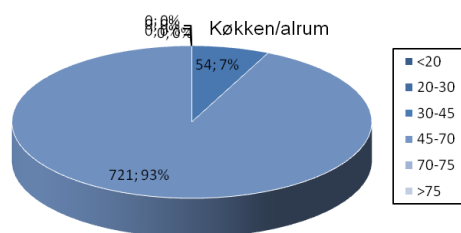


Figur 12.115: Timefordeling i komfortklasser for efterårssituation i baderum i 2010.

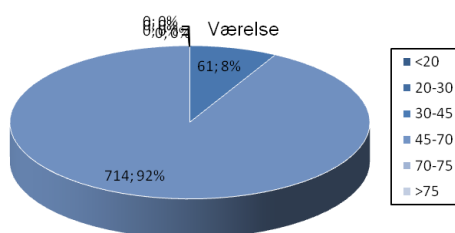


Figur 12.116: Timefordeling i komfortklasser for efterårssituation i stue i 2010.

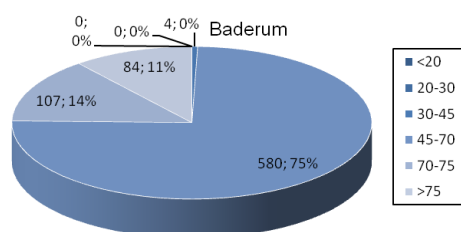
2011



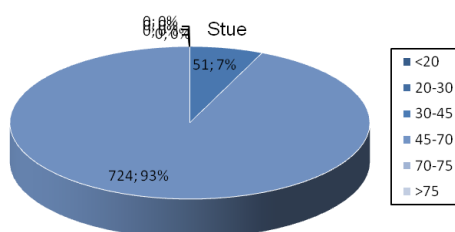
Figur 12.117: Timefordeling i komfortklasser for efterårssituation i køkken/alrum i 2011.



Figur 12.118: Timefordeling i komfortklasser for efterårssituation i værelse i 2011.



Figur 12.119: Timefordeling i komfortklasser for efterårssituation i baderum i 2011.



Figur 12.120: Timefordeling i komfortklasser for efterårssituation i stue i 2011.

### 13. Bilag E – Vejrdatasæt brugt i PHPP

Der er for hvert hus i projektet genereret et kunstigt år med målte data. Disse data sammenlignes med beregninger foretaget med reelle vejrdato for et kunstigt år med vejrdato for samme måneder, som det kunstige år med forbrugsmålinger.

Vejrdato er genereret i Meteonorm ud fra målinger i Billund. Da data for solindfald ikke forefindes i Billund, er data interpoleret ud fra målere i List, København og Tåstrup.

Med hensyn til heating og cooling load i PHPP, er disse værdier fastholdt på samme værdi som i oprindelig beregning.

For Stenagervænget 49 er følgende kunstige vejrdato brugt i PHPP:

Latitude	Longitude	Altitude	Daily Temperature Swing Summer
55,7°	9,2°	66m	8,5K

Month	j	f	m	a	m	j
Ambient temperature [°C]	0,3	-0,2	2,9	10,4	11,2	15,0
North [kWh/m <sup>2</sup> ]	4	7	18	30	47	56
East [kWh/m <sup>2</sup> ]	6	13	39	80	110	115
South [kWh/m <sup>2</sup> ]	14	32	74	110	112	99
West [kWh/m <sup>2</sup> ]	6	16	45	83	106	98
Global [kWh/m <sup>2</sup> ]	9	21	61	120	167	168
Dew point [°C]	-0,3	-0,5	-0,2	2,9	6,6	9,8
Sky temperature [°C]	-9,6	-9,9	-9,5	-4,9	0,4	4,8

Tabel 13.1: Vejrdato til PHPP for første halvår af kunstigt år.

Month	j	a	s	o	n	d
Ambient temperature [°C]	15,7	15,6	13,7	9,2	2,1	-5,1
North [kWh/m <sup>2</sup> ]	46	36	22	13	5	3
East [kWh/m <sup>2</sup> ]	84	73	49	30	8	3
South [kWh/m <sup>2</sup> ]	84	86	81	67	22	8
West [kWh/m <sup>2</sup> ]	82	73	56	34	11	4
Global [kWh/m <sup>2</sup> ]	138	115	78	45	14	6
Dew point [°C]	12,0	12,6	10,1	6,7	2,0	-5,0
Sky temperature [°C]	7,8	8,7	5,3	0,5	-6,2	-16,8

Tabel 13.2: Vejrdato til PHPP for sidste halvår af kunstigt år.







